20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»

20th International Conference “Aviation and Cosmonautics”

Тезисы

Abstracts

AEROSPACE SCIENCE WEEK

Москва, МАИ

Moscow, MAI

2021

20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»

20th International Conference “Aviation and Cosmonautics” (AviaSpace-2021)

Тезисы

Abstracts

Москва, МАИ
22-26 ноября 2021 г.

Moscow, MAI
22-26 November 2021

УДК 629.7
ББК 39.52:39.6я43
С23

20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 22-26 ноября 2021 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2021– 9,43 Мб [Электронное издание].
20th International Conference “Aviation and Cosmonautics” (AviaSpace-2021). 22-26 November 2021. Moscow. Abstracts. – Publishing house “Pero”, 2021. – 9,43 MB. [Electronic edition].

ISBN 978-5-00189-750-7

В сборник включены доклады, представленные в Организационный комитет конференции в электронном виде.

Конференция проводится в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 16 ноября 2020 г. № 075-15-2020-924).

Abstracts, which were sent to Organizing Committee in electronic form, are included in the digest.

The conference is held in the implementation of the program for the creation and development of the World-Class Research Center “Supersonic” for 2020-2025 funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

ISBN 978-5-00189-750-7
© Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2021
© Moscow Aviation Institute (National Research University), 2021

Организатор

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Организационный комитет

Шемяков А.О., проректор по стратегическому развитию — председатель
Zhaohui Wu, президент Чжэцзянского Университета
Петер Руссер, профессор Технического университета Мюнхена
Дин Вучинич, профессор Брюссельского свободного университета
Mangey Ram, Research Professor, Graphic Era Deemed to be University
Adarsh Anand, Assistant Professor, University of Delhi
Замковой А.А., начальник управления научных программ и проектов МАИ
Ефремов А.В., заведующий кафедрой «Динамика и управление полётом пилотируемых ЛА» МАИ — руководитель направления «Авиационные системы»
Монахова В.П., директор дирекции института № 2 «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки» МАИ — руководитель направления «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки»
Следков Ю.Г., директор дирекции института № 3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» МАИ — руководитель направления «Системы управления, информатика и электроэнергетика»
Кирдяшкин В.В., директор дирекции института № 4 «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информационная безопасность» МАИ — руководитель направления «Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем»
Алифанов О.М., заведующий кафедрой «Космические системы и ракетостроение» МАИ — руководитель направления «Ракетные и космические системы»
Кривилёв А.В., директор дирекции института № 7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» МАИ — руководитель направления «Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение»
Крылов С.С., директор дирекции института № 8 «Информационные технологии и прикладная математика» МАИ — руководитель направления «Математические методы в аэрокосмической науке и технике»
Беспалов А.В., директор дирекции института № 11 «Материаловедения и технологий материалов» МАИ — руководитель направления «Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники»

Новиков С.В., директор дирекции института № 5 «Инженерная экономика и гуманитарные науки» МАИ — руководитель направления «Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса»
Булакина М.Б., директор IT-центра МАИ
Яковлева А.В., руководитель проектор Дирекции космических программ МАИ
Калягин М.Ю., заместитель директора Центра БПЛА МАИ
Назаров Е.В., начальник лаборатории №2 НИО-101 МАИ

Программный комитет

Равикович Ю.А., проректор по научной работе — председатель
Zhaohui Wu, президент Чжэцзянского Университета
Петер Руссер, профессор Технического университета Мюнхена
Дин Вучинич, профессор Брюссельского свободного университета
Mangey Ram, Research Professor, Graphic Era Deemed to be University
Adarsh Anand, Assistant Professor, University of Delhi
Медведский А.Л., первый заместитель генерального директора ФГУП «ЦАГИ»
Терентьев В.В., начальник научно-организационного управления МАИ
Веремеенко К.К., начальник научно-исследовательского отделения института № 3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» МАИ
Грушин И.А., заместитель директора по научной работе института № 11 «Материаловедения и технологий материалов» МАИ
Долгов О.С., директор дирекции института № 1 «Авиационная техника» МАИ
Заговорчев В.А., начальник научно-исследовательского отделения института № 6 «Аэрокосмический» МАИ
Зубанова С.Г., профессор кафедры И-11 «Иностранный язык для аэрокосмических специальностей» МАИ
Ионов А.В., заместитель директора института № 2 «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки» МАИ
Кирдяшкин В.В., директор дирекции института № 4 «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информационная безопасность» МАИ
Кириллов А.А., начальник научно-исследовательского отделения института № 7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» МАИ
Крылов С.С., директор дирекции института № 8 «Информационные технологии и прикладная математика» МАИ
Силуянова М.В., профессор кафедры «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов» МАИ
Тихонов Г.В., начальник научно-исследовательского отделения института № 5 «Инженерная экономика и гуманитарные науки»
Стрелец Д.Ю., начальник НИ0-101 МАИ
Яковлева А.В., руководитель проектов Дирекции космических программ МАИ
Калягин М.Ю., заместитель директора Центра БПЛА МАИ
Назаров Е.В., начальник лаборатории №2 НИО-101 МАИ

Organizer

Moscow Aviation Institute (National Research University)

Organizing Committee

Aleksander Shemiakov, Chairman of the Organizing Committee, Vice-rector for strategy development, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Zhaohui Wu, Co-chairman of the Organizing Committee, President, Zhejiang University, Zhejiang, China
Peter Russer, Co-chairman of the Organizing Committee, professor, Technical University of Munich, Munich, Germany
Dean Vučinić, Co-chairman of the Organizing Committee, professor, Vrije University Brussel, Brussel, Belgium
Mangey Ram, Co-chairman of the Organizing Committee, Research Professor, Graphic Era Deemed to be University, Dehradun, India
Adarsh Anand, Co-chairman of the Organizing Committee Assistant Professor, University of Delhi, Delhi, India
Andrey Zamkovoy, Head of the MAI Scientific Programs and Projects Department, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Aleksandr Efremov, Head of the MAI department 106 "Dynamics and Flight Control of Manned Aircraft", Head of direction "Aviation Systems", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Veronika Monakhova, Director of the MAI Institute No. 2 "Power Installations of Aviation, Rocket and Space Systems", Head of direction "Power Installations of Aviation, Rocket and Space Systems", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Yury Sledkov, Director of the MAI Institute No. 3 "Control Systems, Informatics and Power Generation", Head of direction "Control Measuring and Computing Systems and Complexes and Onboard Power Generation", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Vladimir Kirdyashkin, Director of the MAI Institute No. 4 "Radioelectronics, Infocommunications and Information Security", Head of direction "Information and Telecommunication Technologies of Aviation, Rocket and Space Systems", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Oleg Alifanov, Head of the MAI department 601 "Space Systems and Rocket Engineering"), Head of direction "Rocket and Space Systems", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Aleksander Krivilev, Director of the MAI Institute No. 7 "Robotics and Intelligent Systems"), Head of direction "Robotics, Intelligent Systems and Aircraft Armament", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Sergey Krylov, Director of the MAI Institute No. 8 "Information Technology and Applied Mathematics"), Head of direction "Mathematical Methods in Aerospace Science and Technology", Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia

Alexander Bespalov, Director of the MAI Institute No. 11 “Material Science and Technology”, Head of direction “New Materials and Production Technologies in the Areas of Aviation, Rocket and Space Technique”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Sergey Novikov, Director of the MAI Institute No. 5 “Business Engineering and Humanities”, Head of direction “Economics and Management at Enterprises of Aerospace Complexes”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Maria Bulakina, Head of MAI IT-center, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia Anna Yakovleva, Head of the projects at MAI Space Programs Direction, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Maksim Kalyagin, Deputy Head of MAI UAV-center, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Egor Nazarov, Head of the Lab 2 of the MAI Research Department 101, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia

Program Committee

Yury Ravikovich, Chairman of the Program Committee, Vice-rector for scientific affairs, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Zhaohui Wu, Co-chairman of the Program Committee, President, Zhejiang University, Zhejiang, China
Peter Russer, Co-chairman of the Program Committee, professor, Technical University of Munich, Munich, Germany
Dean Vučinić, Co-chairman of the Program Committee, professor, Vrije University Brussel, Brussel, Belgium
Mangey Ram, Co-chairman of the Organizing Committee, Research Professor, Graphic Era Deemed to be University, Dehradun, India
Adarsh Anand, Co-chairman of the Organizing Committee Assistant Professor, University of Delhi, Delhi, India
Aleksandr Medvedsky, Deputy Head of Central Aerohydrodynamic Institute, Zhukovsky, Russia
Vadim Terentyev, Head of the MAI Scientific and Organizational Department, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Oleg Dolgov, Director of the MAI Institute No. 1 “Aircraft Engineering”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Ivan Grushin, Deputy Director for Scientific Affairs of the MAI Institute No. 11 “Material Science and Technology”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Aleksey Ionov, Deputy Director of the MAI Institute No. 2 “Aviation, Rocket Engines and Power Installation”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Konstantin Veremeenko, Head of the Research Department of the MAI Institute No. 3 “Control Measuring and Computing Systems and Complexes and Onboard Power Generation”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Vladimir Kirdyashkin, Director of the MAI Institute No. 4 “Radioelectronics, Infocommunications and Information Security”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Vladimir Zagovorchev, Head of the Research Department of the MAI Institute No. 6 “Aerospace Engineering”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Alexey Kirillov, Head of the Research Department of the MAI Institute No. 7 “Robotic and Intelligent Systems”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Sergey Krylov, Director of the MAI Institute No. 8 “Information Technologies and Applied Mathematics”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Marina Siluyanova, Professor of the MAI Department “Production Technology and Exploitation of Aircraft Engines”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Gennady Tikhonov, Head of the Research Department of the MAI Institute No. 5 “Business Engineering and Humanities”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia

Svetlana Zubanova, Professor of the MAI Department I-11 “Foreign Language for Aerospace Specialties”, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Dmitry Strelets, Head of the MAI Research Department 101, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Anna Yakovleva, Head of the projects at MAI Space Programs Direction, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Maksim Kalyagin, Deputy Head of MAI UAV-center, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia
Egor Nazarov, Head of the Lab 2 of the MAI Research Department 101, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia

Оглавление

1. АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ 12

2. АВИАЦИОННЫЕ, РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ 86

3. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ИНФОРМАТИКА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА 162

4. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВИАЦИОННЫХ, РАКЕТНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 301

5. РАКЕТНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ 331

6. РОБОТОТЕХНИКА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АВИАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ 375

7. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ 402

8. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ 476

9. ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ПРЕДПРИЯТИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 535

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 715

Contents

1. AVIATION SYSTEMS 12

2. AVIATION AND ROCKET ENGINES AND POWER INSTALLATIONS 86

3. CONTROL SYSTEMS, INFORMATICS AND POWER ENGINEERING 162

4. INFORMATION AND TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY OF AVIATION, ROCKET AND SPACE SYSTEMS 301

5. ROCKET AND SPACE SYSTEMS 331

6. ROBOTICS, INTELLIGENT SYSTEMS AND AIRCRAFT ARMAMENT 375

7. MATHEMATICAL METHODS IN AEROSPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY 402

8. NEW MATERIALS AND PRODUCTION TECHNOLOGY IN THE FIELD OF AVIATION, ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY 476

9. ECONOMICS AND MANAGEMENT AT ENTERPRISES OF AEROSPACE COMPLEXES 535

INDEX 715

1. Авиационные системы

1. Aviation systems

Improving the evolutionary aerodynamic optimization with Bezier-PARSEC parameterization using population size reduction methods

Quijada P.G., Shakhov V.G.
Samara University, Samara, Russia

In 2004, Rogalsky proposed the new Bezier-PARSEC (BP parameterization method for airfoils [1]. This new method aims to accelerate the convergence of evolutionary aerodynamic optimization processes. To achieve this task, the new method proposes a reduction in nonlinear interactions between design parameters, which leads to a reduction in the space of design variables [2]. Rogalsky and Derksen proved the abilities to represent subsonic airfoils with BP parameters. These tests were performed with the differential evolution (DE algorithm with the variant DE/rand-to-best/1, and the objective function was the geometric deviation measured by the L2-error norm [3, 4]. The results were satisfactory, showing that one could have a small number of design variables (which implies a smaller number of individuals per generation), which accelerates the optimization process without the need to risk the globality of the search for the optimal value [1, 2, 3]. Rogalsky and Derksen developed two variants of BP parameters: BP3333 and BP3434 [1, 3]. In this work only the BP3333 variant was evaluated.

This work provides a new proposal to further accelerate the process of evolutionary optimization through population size reduction (PSR) methods. It is also proposed to use the Success-History based Adaptive DE (SHADE algorithm. Success-history based adaptation is a mechanism for parameter adaptation based on a historical memory of successful parameter settings that were previously used found during the run [5]. The SHADE algorithm is used for the adaptability of incorporating PSR methods: linear reduction (L-PSR [6], exponential reduction (E-PSR [7], parabolic reduction (P-PSR [8] or nonlinear reduction (NL-PSR [9].

To test the effectiveness of the SHADE algorithm with the PSR variants, representation tests were performed on 34 airfoils (extracted from the UIUC Airfoil Data Site [10], and the number of target functions evaluated to achieve the optimal value established with the algorithm used by Rogalsky and Derksen were compared. The SHADE E-PSR algorithm proved to have the best convergence rate, being best in 26 out of 36 cases. The algorithm proposed by Rogalsky and Derksen was only faster in 2 cases, but the difference was not very noticeable.

References:

1. Rogalsky T. 2004 Acceleration of differential evolution for aerodynamic design
2. Derksen R.W., and Rogalsky T. 2009 Bezier-PARSEC parameterization for airfoil optimization
3. Derksen R.W., and Rogalsky T. 2010 Bezier-PARSEC: an optimized aerofoil parameterization for design
4. Eltaib T., and Mahmood A. 2018 Differential evolution: a survey and analysis
5. Tanabe R., and Fukunaga A.S. 2013 Success-history based parameter adaptation for differential evolution
6. Tanabe R., and Fukunaga A.S. 2014 Improving the search performance of SHADE using linear population size reduction
7. Renkavieski C., and Parpinelli R.S. 2020 L-SHADE with alternative population size reduction for unconstrained continuous optimization
8. Meng Z., Pan J.S., and Tseng K.K. 2019 PaDE: an enhanced differential evolution algorithm with novel control parameter adaptation schemes for numerical optimization
9. Khan K.H., Thapa K.B., and Karki N.R. 2020 Optimal coordination of directional overcurrent relays using enhanced L-SHADE algorithm
10. The UIUC Airfoil Data Site https://m-seling.ae.illinois.edu

Исследования интегральных аэродинамических характеристик системы винт-крыло конвертоплана в аэродинамической трубе Т-1К КНИТУ-КАИ

[1]Пахов В.В., [1]Кусюмов А.Н., [2]Крицкий Б.С., [2]Миргазов Р.М.
[1]КНИТУ-КАИ, г. Казань; [2]ФГУП «ЦАГИ», г. Жуковский, Россия

Вертолетная техника достигли определенного уровня развития и имеет некоторые ограничения, которые могут быть преодолены при использовании новыхконцептуальных идей. Одной из таких идей является концепция летательного аппарата типа конвертоплан [1].

Существует несколько типов аэродинамической компоновки конвертопланов, при этом большинство серийных имеют компоновку поперечного типа с поворотными винтами. Еще одним типом конвертоплана является компоновка с поворотным крыломи винтомоторными группами (ВМГ) на его концах.

Работа посвящена экспериментальному исследованию интегральных аэродинамических характеристик системы винт-крыло конвертоплана. Объект исследований – модель крыла с установленными на концах ВМГ. Модель крыла имеет профиль Göttingen 387, размах 1,46 м, среднюю аэродинамическую хорду 0,187 м.

Для исследования аэродинамических характеристик системы была использована аэродинамическая труба Т-1К КНИТУ-КАИ малых скоростей (до 50 м/с), замкнутого типа, с открытой рабочей частьюдиаметром 2,25 м, длиной 3 м. Для измерения интегральных характеристик модели использовались аэродинамические весы 6-КТ – типа Прандтля с внешней системой разложения сил.

Замеры частоты вращения винтов проводились следующим образом: Скоростная видеокамера производила съемки винтов с частотой 1000 кадров/сек. При обработке данных анализировались серии изображений с камеры по 100 штук. Частота вращения винта определялась по разнице номеров кадров, на которых лопасти находились в одном и том же угловом положении. Ось вращения винта параллельна средней аэродинамической хорде крыла.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00548).

[1] M.D. Maisel, D. J. GiulianettuandD.C. Dugan."TheHistoryoftheXV-15 TiltRotor Research Aircraft: From Concept to Flight".NASA SP-2000-4517. Monograph in Aerospace History #17, Washington, D.C. 2000. (https://history.nasa.gov/monograph17.pdf).

A research for integral aerodynamic characteristics of the propeller-wing system of a tiltrotor aircraft in a wind tunnel T-1K of KNRTU-KAI

[1]Pakhov V.V., [1]Kusyumov A.N., [2]Kritsky B.S., [2]Mirgazov R.M.
[1]KNRTU-KAI, Kazan; [2]FSUE TSAGI, Zhukovsky, Russia

Helicopter technology has reached a certain level of development and has some limitations that can be overcome by using new conceptual ideas. One of these ideas is the concept of a convertiplane aircraft [1].

There are several types of aerodynamic configuration of convertiplanes, with most of the serial ones having a transverse type with rotary propellers. Another type of convertiplane is an arrangement with a rotary wing and propeller-driven groups (PDG) at its ends.

The work is devoted to the experimental study of the integral aerodynamic characteristics of the propeller-wing tiltrotor system. The object of research is a model of a wing with PDGs installed at the ends. The wing model has a Göttingen 387 profile, a span of 1.46 m, an average aerodynamic chord of 0.187 m.

To study the integral aerodynamic characteristics of the system, a wind tunnel T-1K KNITU-KAI of low speeds (up to 50 m / s), closed type, with an open working part 2.25 m in diameter, 3 m long was used. To measure the integral characteristics of the model, an aerodynamic balance was used 6 -KT – Prandtl type with an external force decomposition system.

The propeller rotation frequency was measured as follows: A high-speed video camera was shooting propellers with a frequency of 1000 frames/sec. When processing the data, a series of 100 images from a camera were analyzed. The rotor speed was determined by the difference in the

numbers of frames on which the blades were in the same angular position. The axis of rotation of the propeller is parallel to the mean aerodynamic chord of the wing.

This work is supported by the Russian Science Foundation under grant 20-19-00548

[1] M.D. Maisel, D. J. Giulianettuand D.C. Dugan."The History of the XV-15 Tilt Rotor Research Aircraft: From Concept to Flight". NASA SP-2000-4517. Monograph in Aerospace History #17, Washington, D.C. 2000. (https://history.nasa.gov/monograph17.pdf).

Организация тепловой защиты высокоскоростных летательных аппаратов

Аронов Д.И.

МАИ, г. Москва, Россия

Одним из перспективных направлений создания авиационной техники являются многоразовые высокоскоростные летательные аппараты. Интерес обусловлен желанием сократить временные параметры выполнения транспортной операции, например, перевозку пассажиров на расстояние более 5000 км или вывод на орбиту второй ступени многоразовой авиационно-космической системы (АКС). Вне зависимости от своего назначения, скоростной ЛА испытывает значительные тепловые потоки к различным элементам компоновки. Уже на скоростях M=2-4 температура некоторых зон самолета может достигать 850°C в связи с попаданием в них струи двигателя. Повышение скорости полета до M=5 создаст температуры на уровне 550-600°C по регулярной обшивке. Кроме этого, элементы газовоздушного тракта комбинированной силовой установки, необходимой для разгона ЛА до скоростей M>4, могут испытывать температуры до 1800 K.

Очевидно, что предполагаемые тепловые условия функционирования перспективных высокоскоростных ЛА беспрецедентны в сравнении с существующими сверхзвуковыми самолетами. В настоящее время для обеспечения тепловой защиты подобных аппаратов предполагается использовать следующие средства:

жаропрочные и жаростойкие материалы «горячей» конструкции планера;

пассивную тепловую защиту и теплозоляцию;

активное охлаждение элементов планера и силовой установки с помощью хладоресурса топлива или дополнительных теплоносителей;

термоэлектрогенерирующие устройств;

Титановые сплавы могут применяться при температурах до 460°C, жаропрочные стали – до 780-800°C, кобальтовые или ниобиевые суперсплавы – до 980-1000°C. Для особонагруженных зон предлагается использовать композиционные материалы класса «углерод-кремний» или «углерод-углерод». Известны работы по созданию титаноматричных композиционных материалов (КМ) а также ультравысокотемпературных КМ на основе боридов гафния или циркония с добавлением силицида кремния. Пассивная теплозащита на основе, например, керамических плиток не является оптимальной для размещения на внешнем теоретическом контуре «атмосферного» высокоскоростного ЛА, однако теплоизоляционные маты из кремнеземных тканей могут стать единственным вариантом защиты топлива от перегрева.

Другим вариантом обеспечения теплового режима является активное охлаждение отсеков бортового оборудования, панелей воздухозаборника и сопла, камеры сгорания прямоточных двигателей. В качестве хладагента может выступать как авиационное топливо, так и вспомогательный теплоноситель. Кроме того, в прямоточном двигателе могут быть установлены термоэлектрогенерирующие устройства для теплосъема в интересах системы электроснабжения.

Приведенные выше методы теплозащиты в отдельности не позволят в полной мере разработать тепловую защиту перспективных высокоскоростных ЛА. Поэтому возникает задача выбора (проектирования) рационального варианта комплексной системы тепловой защиты высокоскоростного ЛА, которая формулируется следующим образом: из множества альтернативных вариантов системы тепловой защиты, характеризующихся различными показателями эффективности, определить на основе многокритериальной оценки рациональный вариант, с максимальным значением обобщённой функции полезности.

Литература:

1. Аронов Д.И., Клягин В.А.Перспективные методы организации тепловой защиты гиперзвуковых летательных аппаратов. Вестник Концерна ВКО «Алмаз–Антей».2021;(1):52-66.

2. Ю.Н.Нечаев.Силовые установки гиперзвуковых и воздушно-космических летательных аппаратов./М.: издание Академии Космонавтики им. К.Э. Циолковского,1996–203 с.

High-speed aircraft thermal protection development

Aronov D.I.

MAI, Moscow, Russia

High-speed flying vehicles are one of the promising areas of aviation technology development. The interest is due to the desire to transport operation time parameters reducing, for example, passengers transportation over a distance of more than 5000 km or the reusable aerospace system second stage launch into orbit. The high-speed aircraft experiences significant heat fluxes to various elements of the layout. At Mach numbers of M = 2-4, the temperature of some surfaces can reach 1120 K due to the engine jet impact. An increase in flight speed up to M=5 will create temperature values about 820-870 K for regular aircraft skin. In addition, elements of the combined power plant, which is required to accelerate the aircraft to speeds M> 4, can experience temperatures up to 1800 K.

It is obvious that the expected thermal conditions for the prospective high-speed aircraft operation are unprecedented in comparison with existing supersonic aircraft. At present, the following resources are expected to be used to ensure thermal protection of such vehicles:

heat-resistant materials of “hot” airframe;

passive thermal protection and insulation;

active cooling of the airframe and power plant elements using the heat sink of the fuel or additional coolants;

thermoelectric devices;

Titanium alloys can be used at temperatures up to 730 K, heat-resistant steels – up to 1050-1070 K, cobalt or niobium superalloys – up to 1250-1270 K. For especially heat-loaded zones, it is proposed to use Si/C or C/C-class composite materials. There is some kind of the titanium-matrix composite materials (CM) development research as well as ultra-high-temperature materials based on hafnium or zirconium borides with the addition of silicon silicide. Passive thermal protection based on, for example, ceramic tiles is not optimal for placement on the an "atmospheric" high-speed aircraft outer skin, however, thermal insulation blankets made of silica fabrics may be the only option to protect the fuel from overheating.

Another method for the thermal regime ensuring is active cooling of the onboard equipment compartments, air intake and nozzle panels, and ramjet engines combustion chamber. The coolant can be either fuel or an auxiliary coolant. In addition, thermoelectric generating devices for heat removal in the interests of the power supply system can be installed in a ramjet engine.

Listed methods of thermal protection separately will not allow to fully develop the high-speed aircraft thermal protection. Therefore, there is the problem of choosing (designing) a rational variant for a high-speed aircraft integrated thermal protection system, which is formulated as follows: to determine the rational thermal protection system variant with the maximum value of the “utility” function from an alternative elements variety, characterized by different efficiency indicators, based on a multi-criteria assessment.

References:

1. Aronov D.I., Klyagin V.A. Advanced methods for organizing thermal protection of hypersonic aircrafts. Journal of «Almaz – Antey» Air and Space Defence Corporation. 2021;(1):52-66.

2. Nechaev Yu. N. Silovye ystanovki guperzvykovikh i vozdyshno-kosmicheskikh letatelnykh aparatov (Power units of hypersonic and aerospace vehicles), Moscow, Russian Academy of cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky, 1996. 203 p. (Russian)

Стратегическая необходимость внедрения системы управления качеством на основе требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015

Ахрамович А.А., Борисова Е.В., Болдырева А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Наиболее успешные и конкурентоспособные организации обеспечивают стабильность своего положения на международных рынках за счет достижения эффективного уровня производства продукции и/или предоставления услуг. Необходимый уровень эффективности предприятием достигается за счет грамотно выстроенной системы управления, сформированной согласно гармоничной совокупности требований и принципов. Требования к построению подобных систем управления подробно изложены в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

Автором была разработан и внедрена система управления качеством, выстроенная на основе требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015. По результатам функционирования СМК автором были выявлены следующие преимущества для организации:

1. Повысилась стабильность результатов деятельности за счет наличия четко формализованных и задокументированных процедур.
2. Повысилась оперативность и результативность принятия управленческих решений за счет измеримости показателей деятельности на постоянной основе.
3. Снизилось количество несоответствий за счет устранения причин их возникновения.
4. Снизились затраты на устранение несоответствий за счет их выявления на ранних стадиях жизненного цикла производства продукции/предоставления услуг.
5. Вновь принятые работники в кратчайшие сроки начинают работу на необходимом уровне эффективности за счет стандартизация и документального оформления процессов деятельности.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что внедрение системы менеджмента качества помогает в долгосрочной перспективе снизить общий уровень затрат на качество.

Затраты, связанные с качеством, в рамках внедрения системы управления качеством были разделены на две категории:

1. Затраты, связанные с низким уровнем качества, направленные на устранение выявленных несоответствий.
2. Затраты, направленные на повышение уровня качества, включающие процессы профилактики и оценки, предупреждающие потенциальные несоответствия.

Стратегия повышения эффективности управления организацией заключается в рациональном распределении ресурсов между двумя вышеуказанными категориями затрат. Практика показывает, что с течением времени затраты, направленные на повышение уровня качества увеличиваются, в то время как затраты, направленные на устранение несоответствий, – снижаются, что в свою очередь приводит к общему снижению затрат на обеспечение стабильного уровня качества на предприятии.

Наличие в организации сертификата соответствия системы менеджмента качества требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 позволяет идентифицировать ее как стабильного партнера, с которым можно выстроить долгосрочное сотрудничество.

Strategic installation of a quality management system based on the requirements of ISO 9001:2015

Akhramovich A.A., Borisova E.V., Boldyreva A.I.
MAI, Moscow, Russia

The most successful and competitive organizations ensure the stability of their position in international markets by achieving an effective level of production / or provision of services. The required level of efficiency is achieved through a well-built management system formed according to a harmonious set of requirements and principles. Requirements for the construction of such control systems are detailed in the standard ISO 9001:2015 “Quality management systems. Requirements".

The author has developed and implemented a quality management system based on the requirements of the ISO 9001:2015 standard. Based on the results of the functioning of the QMS, the following advantages for the organization were identified:

1. The stability of performance has increased due to the presence of clearly formalized and documented procedures;

2. Increased efficiency and management decision making of measurability of activities on an ongoing basis;

3. The number of inconsistencies for eliminating the causes of their occurrence has decreased;

4. The costs of eliminating inconsistencies have decreased due to their non-existent stages of the product/service life cycle;

5. Newly hired employees begin work in the shortest possible time at the required level of efficiency through standardization and documentation of business processes.

Thus, it can be concluded that the implementation of a quality management system helps to reduce the overall level of quality costs in the long term.

Quality-related costs in implementing the quality management system have been divided into two categories:

1. Costs associated with a low level of quality, identification of identified inconsistencies.

2. Costs that increase the level of quality, including prevention and evaluation, preventing processes of potential nonconformities.

The strategy for improving the efficiency of the organization's management consists in the rational allocation of resources between the above two categories of costs. Practice shows that over time, the costs of improving the quality level increase, while the costs of eliminating inconsistencies decrease, which in turn leads to an overall decrease in costs to ensure a stable level of quality at the enterprise.

The presence in the organization of a certificate of conformity of the quality management system to the requirements of ISO 9001:2015 makes it possible to identify it as a stable partner with whom you can build long-term cooperation.

Оценка статической прочности образцов из полимерных композиционных материалов в расчетных программах MS.Excel и ANSYS и сравнительный анализ с результатами эксперимента

[1]Башаров Е.А., [2]Ерков А.П., [3]Калинин Д.В., [3]Семенцова А.Н.

[1]МАИ, [2]Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» — «Региональные самолёты», г. Москва;

[3]АО «НЦВ Миль и Камов», п. Томилино, Россия

Проверка степени соответствия между свойствами полимерных композиционных материалов, полученными экспериментально и путем расчета представляет большой практический интерес. При применении композиционных материалов в авиационных конструкциях необходимо учитывать, что изготовление материала и детали происходит одновременно и основная задача – обеспечить стабильность получающихся свойств готовой детали. На это направлена вся процедура сертификации ПКМ в конструкции вертолета. Проведен анализ пределов применения критерия прочности по максимальным напряжениям для различных типов композиционных материалов. Образцы с разнонаправленной укладкой при испытаниях на растяжение нагружались до общего разрушения, когда происходит разрушение волокон, или матрицы, а также разрушение поверхности сопряжения или межфазной границы. Выводы: 1) Разработанная на основе MS.Excel программа автоматизированного расчета на прочность многослойного пакета из полимерных композиционных материалов может применяться при проектировании и расчете слоистых композитных конструкций. 2) Результаты расчетов в расчетной программе MS.Excel и ANSYS показывают хорошую точность и сходимость, особенно при расчете симметричных относительно нейтральной плоскости пакетов; 3) Результаты расчета в ANSYS показали высокую степень сходимости с результатами испытаний образцов с различными типами укладок на растяжение и сжатие. Расхождение составило в среднем от 2 до 5 %. Результаты расчета в программном комплексе Laminate Analysis Utility прочностного расчета многослойного пакета из композиционного материала в MS.Excel показали расхождение

менее 5% с ANSYS по причине того, что расчетная программа в MS.Excel не учитывает краевой эффект.

Литература:

1. Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. Композиционные материалы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.

2. Дудченко А.А. Прочность и проектирование элементов авиационных конструкций из ПКМ. – М.: Изд-во МАИ, 2007.– 200 с.

3. Отчет по НИР «Выбор и обоснование критерия прочности при анализе методом конечных элементов конструкций и изделий из ПКМ».- АО «МВЗ им. М.Л.Миля». 2017 – 35 с.

4. Протокол №291-ЭИК-16 по результатам статических испытаний образцов углепластика на растяжение/сжатие. АО «МВЗ им. М.Л.Миля». 2017.– 40 с.

5. Техническая записка по НИР «Выбор и обоснование критерия прочности при анализе методом конечных элементов конструкций и изделий из ПКМ». Этап №1 «Теоретические разработки». - МАИ (НИУ), 2016 – 125 с.

6. Stuart E. Dutton, R.A. Lofland Certification on structural composite components used on the MD900 helicopter (1997) Journal Research Center for Advanced composite structures, Australia. Vol.1 Composite Application and Design. pp. 535-542

7. T. Okabe, T. Motani, M. Nishikawa, and M. Hashimoto. Numerical simulation of microscopic damage and strength of fiber-reinforced plastic composites. Journal Advanced composite materials. Vol. 21 Is. 2 (2012) pp.147-163.

8. R. Talreja Manufacturing defects in composites and their effects on performance. Journal Polymer Composites in the Aerospace Industry (2015).

9. V.F. Romashchenko Limitation of some strength criteria for composite materials. Journal Strength of materials (2019), 51.pp.828-833. 10. Pinhas Bar-Yoseph, Daniel B. David Free-edge effects in unsymmetrically laminated composite plates. Journal Composite Structures. Vol. 30 Is.1 (1995), pp. 13-23

Evaluation of the static strength for samples from polymeric composite materials in MS.Excel and ANSYS with results of the experiment

[1]Basharov E.A., [2]Erkov A.P., [3]Kalinin D.V., [3]Sementsova A.N.

[1]MAI, [2]PJSC Irkut Corporation Branch – Regional Aircraft, Moscow;

[3]Center Mil & Kamov National Helicopter, Moscow region, Tomilino, Russia, Russia

Checking the degree of correspondence between the properties of polymer composite materials obtained experimentally and by calculation is of great practical interest. When using polymer composite materials in aircraft structures, it is necessary to take into account that the production of the material and the part occurs simultaneously and the main task is to ensure the stability of the resulting properties of the finished part. This is the purpose of the entire composite materials certification procedure in the helicopter design [6]. That is why the more important part in the helicopter design is made of composite materials, the more attention should be paid to confirming the stability of its properties in the finished form, the more tests must be carried out to obtain the so-called "confidence interval" of its strength characteristics. Analyzes the limits of applicability of strength criteria maximum stresses for different types of polymer composite materials. Samples with multidirectional stacking during tensile tests were loaded to general destruction, when the destruction of the fibers or matrix occurs, as well as the destruction of the interface surface or the interfacial boundary. Summary: 1) The program of automated defines of the strength of a multilayer package of PCM developed on the basis of MS.Excel can be used in the design and calculation of layered composite structures. 2) The results of definition in MS.Excel and ANSYS show good accuracy and convergence, especially when composite packages that are symmetric relative to the median plane; 3) The results of the definition in ANSYS showed a high degree of convergence with the results of testing samples with different types of tension and compression laying. The discrepancy averaged from 2 to 5 %. The results of the definition in the software package Laminate Analysis Utility of the strength definition of a multilayer package from composite materials in MS.Excel showed a

discrepancy of less than 5% with ANSYS due to the fact that in MS.Excel does not take into account the edge effect.

Актуальность сертификации систем менеджмента качества предприятий с использованием дистанционных технологий

Болдырева А.В., Ахрамович А.А., Одиноков С.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Основополагающий принцип системы менеджмента качества (СМК) – ориентация на потребителя – следует использовать не только в СМК предприятия, но и также в процессе ее сертификации. На данный момент ограничения, вызванные пандемией COVID-19, заставляют предприятия переводить процессы аудитов и сертификации СМК в дистанционный формат, с чем ранее ни органы по сертификации, ни предприятия не сталкивались.

Международный форум по аккредитации (IAF) и принятый им стандарт IAF ID 3:2011 регламентирует, что в чрезвычайных ситуациях, в том числе в условиях пандемии, органу по сертификации следует оценить риски сохранения сертификатов клиентов без проведения выездного аудита.

При низком уровне риска стандарт рекомендует применять альтернативные методы оценки соответствия, например, проведение удаленных аудитов.

Основным стандартом, который регламентирует проведение дистанционных аудитов СМК, является IAF MD 4:2018. Этот документ обязателен для применения в случае использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) при проведении оценки соответствия.

Согласно IAF MD 4:2018 под удаленным или дистанционным аудитом понимается аудит, в ходе которого ИКТ используются для проведения мероприятий в рамках аудита и сбора свидетельств аудитором, который физически не находится на аудируемом объекте.

Нами проводились аудиты как полностью с использованием дистанционных методов, так и частично, на основании чего мы сделали вывод, что такие аудиты должны в полном объеме включать в себя те же элементы, что и аудиты с выездом на предприятие.

Дистанционные аудиты могут проводиться с помощью различных программ, таких как Skype, Zoom и Microsoft Teams. Специалисты органа по сертификации должны уметь подобрать и порекомендовать систему, оптимальную для каждого отдельного предприятия. Перед началом аудита необходимо убедиться в том, что пропускная способность канала достаточна для того, чтобы передавать четкое изображение и поддерживать сеанс веб-конференции.

Выделенный нами основной принцип – удаленный аудит должен быть интерактивным, это аудит в режиме реального времени, а не только проверка документации.

На основании проведенных нами удаленных аудитов мы предлагаем следующие рекомендации при подготовке клиентов к их прохождению:

1. Ключевой персонал должен быть доступен на протяжении всего аудита.
2. Документация должна быть готова к отправке по электронной почте либо посредством FTP-программы.
3. Необходимо быть готовым к тому, чтобы кто-либо мог «провести» аудитора по предприятию с помощью камеры смартфона или веб-камеры.
4. Для проведения удаленного аудита потребуется беспроводной интернет.

Если удаленный аудит не может полностью покрыть потребности сертификации, то необходимо выполнить максимально возможную часть аудита удаленно.

Когда невозможно полностью проверить результативность СМК дистанционно, мы предлагаем согласовать органу по сертификации совместно с клиентом посещение предприятия аудитором позже.

Решение о возможности проведения удаленного аудита СМК принимается в каждом случае индивидуально.

1. IAF ID 3:2011. Менеджмент чрезвычайных событий или обстоятельств, влияющих на органы по аккредитации, органы по оценке соответствия и сертифицированные организации
2. IAF MD 4:2018. Обязательный документ IAF по применению ИКТ в целях аудита/оценки.

3. СМ N 03.1-1.0007. Руководство по проведению удаленной оценки. Версия 01. Утв. Росаккредитацией 11.07.2020.
4. Третьяк Е.В. Аудит новой реальности. Управление качеством, №10, 2020, с. 58-63.

Relevance of certification of quality management systems of enterprises using remote technologies

Boldyreva A.V., Akhramovich A.A., Odinokov S.A.
MAI, Moscow, Russia

The fundamental principle of the quality management system (QMS) – customer orientation – should be used not only in the QMS within the enterprise, but also in the process of its certification. At the moment, the restrictions caused by the COVID-19 pandemic are forcing enterprises to transfer the QMS audit and certification processes to a remote format, which neither certification bodies nor enterprises have previously encountered.

The International Accreditation Forum (IAF) and the IAF ID 3:2011 standard adopted by it regulates that in emergency situations, including in a pandemic, the certification body should assess the risks of preserving customer certificates without conducting an on-site audit.

At a low level of risk, the standard recommends using alternative methods of conformity assessment, for example, conducting remote audits.

The main standard that regulates the conduct of remote audits of the QMS is IAF MD 4:2018. This document is mandatory for use in the case of the use of information and communication technologies (ICT) during conformity assessment.

According to IAF MD 4:2018, remote or remote audit refers to an audit in which ICTs are used to conduct audit activities and collect evidence by an auditor who is not physically present at the audited facility.

We conducted audits both completely using remote methods and partially, on the basis of which we concluded that such audits should fully include the same elements as audits with on-site visits to the enterprise.

Remote audits can be conducted using various programs, such as Skype, Zoom and Microsoft Teams. Specialists of the certification body should be able to select and recommend a system that is optimal for each individual enterprise. Before starting the audit, you need to make sure that the bandwidth of the channel is sufficient to transmit a clear image and maintain a web conference session.

The basic principle we have highlighted is that remote audit should be interactive, it is a real-time audit, and not just a documentation check.

Based on our remote audits, we offer the following recommendations when preparing clients for their passage:

1. Key personnel should be available throughout the audit.
2. The documentation must be ready to be sent by e-mail or via an FTP program.
3. It is necessary to be prepared so that someone can "guide" the auditor through the enterprise using a smartphone camera or webcam.
4. A wireless internet connection is required to conduct a remote audit.

If the remote audit cannot fully cover the certification needs, then it is necessary to perform the maximum possible part of the audit remotely.

When it is impossible to fully verify the effectiveness of the QMS remotely, we suggest that the certification body, together with the client, coordinate an auditor's visit to the enterprise later.

The decision on the possibility of conducting a remote audit of the QMS is made in each case individually.

1. IAF ID 3:2011. Management of emergency events or circumstances affecting accreditation bodies, conformity assessment bodies and certified organizations.
2. IAF MD 4:2018. Mandatory IAF document on the use of ICT for audit/evaluation purposes
3. CM N 03.1-1.0007. Guidelines for remote assessment. Version 01. Approved Federal Service for Accreditation 11.07.2020.

4. Tretyak E.V. Audit of the new reality. https://www.iia-ru.ru/upload/inner-auditor/articles/Upravlenie-Kachestvom-2020-10.pdf. Quality Management, No.10, 2020, pp. 58-63.

Исследование возможности изготовления дренированных моделей для продувок в аэродинамических трубах больших скоростей с помощью аддитивных технологий

Волхонский А.Е., Бокша Л.В., Дудков К.В., Нороллахисомарин Р.
МАИ, г. Москва, Россия

Исследована возможность применения аддитивных технологий для изготовления аэрогидродинамических, весовых и дренажных моделей авиационной и ракетно-космической техники (РКТ), в частности для изготовления продувочных моделей головных обтекателей (ГО) ракет-носителей.

Для подтверждения возможности изготовления моделей из материала ABS-пластика компании REC и фотополимерного материала Accura 60, проведены их испытания по определению характеристик на ударную вязкость по ГОСТ 4647-2015, испытания на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах согласно ГОСТ 11262-2017, ГОСТ 9550-81 на разрывной машине ИР-5047-50-11, по результатам которых для изготовления дренажных и весовых аэродинамических моделей в диапазоне рабочих температур от –100°С до +58°С был выбран материал Accura 60. Данный материал обладает всеми требуемыми свойствами, устанавливаемыми ОСТ 92-8875-2014 для аэродинамических моделей по обеспечению геометрического подобия, монолитности, удобства в эксплуатации, прочности, высокой жесткости и требуемой шероховатости поверхности.

В системе NX построена трехмерная модель космической головной части (КГЧ) в соответствии с ОСТ 1 02587-86 «Системы автоматизированного проектирования. Требования к чертежам аэродинамических моделей» и ОСТ 1 02684-89 «Системы автоматизированного проектирования» с отверстиями для снятия показаний давления при эксперименте в аэродинамической трубе больших скоростей. Данная модель имеет новую оригинальную конструкцию, полностью отличающуюся от конструкции типовых дренированных моделей.

Изготовленные на 3D принтере ProX 800 компании 3D Sistems аэродинамические дренированные модели из полимерного материала Accura 60 в масштабе 1:100 испытывались в аэрогазодинамических установках (аэродинамических трубах) в диапазоне чисел Маха от 0,1 до 10. Давление на поверхности аэродинамической модели при испытаниях варьировалось в диапазоне от 1 до 100 кгс/см^2.

По результатам расчетов и испытаний моделей проведена сравнительная оценка результатов продувок, полученных на дренажной модели, изготовленной традиционным способом из металлического сплава и моделей, получаемых методом стереолитографии (SLA). Результаты экспериментов показали хорошее соответствие расчетных значений коэффициента давления на поверхности модели с экспериментальными данными.

Проведенные исследования показали возможность использования аддитивных технологий и фотополимерного модельного материала для изготовления аэрогидродинамических, весовых и дренажных моделей РКТ. Применение таких моделей значительно сокращает фактический цикл их изготовления – с одного года до нескольких дней, снижает затраты на изготовление – более чем на 60%, уменьшает на порядок объем документации на изготавливаемую модель, а также повышает надежность их конструкции.

Investigation of the possibility of manufacturing drained models for blowing in wind tunnels at high speeds using additive technologies

Volkhonsky A.E., Boksha L.V., Dudkov K.V., Norollahisomarin R.
MAI, Moscow, Russia

The possibility of using additive technologies for the manufacture of aerohydrodynamic, weight and drainage models of aviation and rocket and space technology (RCT), in particular for the manufacture of purge models of head fairings (GO) of launch vehicles, is investigated.

To confirm the possibility of manufacturing models from REC ABS plastic material and Accura 60 photopolymer material, their tests were carried out to determine the characteristics of impact

strength according to GOST 4647-2015, tensile tests at normal, elevated and lowered temperatures according to GOST 11262-2017, GOST 9550-81 on a breaking machine and-5047-50-11, according to the results of which the Accura 60 material was selected for the manufacture of drainage and weight aerodynamic models in the operating temperature range from –100°C to +58°C. This material has all the required properties established by OST 92-8875-2014 for aerodynamic models to ensure geometric similarity, solidity, ease of operation, strength, high rigidity and the required surface roughness.

In the NX system, a three-dimensional model of the space head unit (KGF) was built in accordance with OST 1 02587-86 “Computer-aided design systems. Requirements for drawings of aerodynamic models” and OST 1 02684-89 “Computer-aided design systems” with holes for taking pressure readings during an experiment in a high-speed wind tunnel. This model has a new original design, completely different from the design of standard drained models.

Aerodynamic drained models made of the Accura 60 polymer material on a scale of 1:100 made on the 3D printer ProX 800 of 3D Sistems were tested in aerogasodynamic installations (wind tunnels) in the range of Mach numbers from 0,1 to 10. The pressure on the surface of the aerodynamic model during testing varied in the range from 1 to 100 kgf/cm^2.

Based on the results of calculations and tests of models, a comparative assessment of the results of purges obtained on a drainage model made in the traditional way from a metal alloy and models obtained by stereolithography (SLA) was carried out. The experimental results showed a good correspondence of the calculated values of the pressure coefficient on the surface of the model with the experimental data.

The conducted studies have shown the possibility of using additive technologies and photopolymer model material for the manufacture of aerohydrodynamic, weight and drainage RCT models. The use of such models significantly reduces the actual cycle of their manufacture – from one year to several days, reduces manufacturing costs by more than 60%, reduces the volume of documentation for the manufactured model by an order of magnitude, and also increases the reliability of their design.

Совершенствование показателей надежности беспилотных летательных аппаратов методами предиктивной аналитики на этапах проектирования и испытаний

[1]Ганюшкина Н.А., [2]Кандыба К.С.
[1]МАИ, [2]АО «Кронштадт», г. Москва, Россия

В статье рассматриваются вопросы разработки предиктивной модели управления техническим состоянием беспилотного летательного аппарата. Отдельное внимание уделено составу работ на этапах проектирования, для решения задач по управлению показателями надежности.

В работе рассмотрена возможность интеграции технологий предиктивной аналитике в систему управления техническим состоянием беспилотного летательного аппарата (БЛА) средней дальности самолетного типа.

Для прогнозирования надёжности и безопасности эксплуатации, а также непрерывного мониторинга технического состояния БЛА, требуется анализ значительного массива данных зарегистрированных параметров (оцифрованных физических величин). Модели активного мониторинга и прогнозирования состояния БЛА целесообразно строить на основе временных рядов. Технологии Data Mining относятся к математическим методам, реализующим подобные модели.

Для программной реализации предиктивной модели в работе определены требования к входным потокам данных и алгоритму построения прогноза технического состояния БЛА. Выходные данные будут составлять основу для формирования методики совершенствования показателей эксплуатационной надежности.

Литература:

1. Петров А. В. Отечественный комплекс программных средств для решения задач ИЛП и ППО// НИЦ «Прикладная логистика». 2018. Москва.

2. Судов Е.В., Петров А. Н., Петров А. В., Осяев А.Т., Серебрянский С. А. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники. // ООО «Эдитус.: МАИ, 2018.
3. Ким А. Г. Необходимость применения и развития беспилотных летательных аппаратов // SCI-ARTICLE. 2013. № 12.

Improving the reliability of unmanned aerial vehicles by predictive analytics methods at the design and testing stages

[1]Ganyushkina N.A., [2]Kandyba K.S.
[1]MAI, [2]JSC Kronstadt, Moscow, Russia

The article discusses the development of a predictive model for controlling the technical condition of an unmanned aerial vehicle. Particular attention is paid to the composition of work at the design stages, solving problems of managing reliability indicators.

The article considers the possibility of integrating predictive analytics technologies into the technical condition management system of an unmanned aerial vehicle (UAV) of the medium-range aircraft type.

To predict the reliability and safety of operation, as well as continuous monitoring of the technical condition of the UAV, an analysis of a significant array of data of registered parameters (digitized physical quantities) is required. It is advisable to build models of active monitoring and forecasting of the state of unmanned aerial vehicles based on time series. Data mining technologies are mathematical methods that implement similar models.

For the software implementation of the predictive model, the article defines the requirements for input data streams and an algorithm for predicting the technical condition of the UAV. The output data will form the basis for the formation of a methodology for improving operational reliability indicators.

References:

1. Petrov A.V. The domestic complex of software tools for solving problems of ILP and PPO // SIC "Applied logistics". 2018. Moscow.
2. Sudov E.V., Petrov A. N., Petrov A.V., Osyaev A.T., Serebryansky S. A. Technologies of integrated logistics support in the processes of the life cycle of aviation equipment. // LLC "Editus.: MAY, 2018.
3. Kim A. G. The need for the use and development of unmanned aerial vehicles // SCI-ARTICLE. 2013. NO. 12.

Исследование динамических характеристик системы кондиционирования пассажирского самолёта с помощью компьютерного моделирования

Гусаркин С.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Условия конкуренции на рынке пассажирских самолетов заставляют производителей постоянно повышать комфорт пассажиров и экипажа, что создаёт определенные тенденции развития систем кондиционирования, такие как: снижение высоты атмосферы в гермокабине на крейсерских режимах полета; увеличение количества зон независимого регулирования температуры в гермокабине; строгий температурный режим в гермокабине не допускающий больших колебаний температуры на протяжении всего полета; расширение диапазонов атмосферных условий для эксплуатации самолета; облегчение органов управления системой для экипажа [1].

Следование этим тенденциям приводит к ужесточению условий работы агрегатов системы кондиционирования воздуха, а также к существенному усложнению алгоритмов контроля и управления, что вызывает необходимость детального расчета и моделирования еще на этапе эскизного проектирования [2]. Обеспечение требуемых характеристик системы заставляет инженеров обращать больше внимания на неустановившиеся этапы полета (взлет, набор высоты, снижение и посадка) и искать методы комплексного исследования нестационарных режимов работы системы [3].

В ходе работы была разработана компьютерная модель системы кондиционирования воздуха с помощью программного комплекса Simcenter Amesim. В модели рассматривается работа: системы отбора воздуха от маршевых и вспомогательной силовых установок; установки охлаждения горячего воздуха для его подготовки к подаче в гермокабину; системы распределения для подачи воздуха в гермокабину. Для определения параметров воздуха в салоне, кабине пилотов и в подпольном пространстве на разных этапах полета, в модели рассматривается также и тепловое состояние гермокабины. Моделирование агрегатов и трубопроводов проводилось с помощью стандартных компонентов соответствующих библиотек Simcenter Amesim.

Для проведения оценки достоверности модели была проведена верификация ее агрегатов и гидравлических сетей на статических режимах путем сравнения с экспериментом или данными производителя компонентов [4, 5]. На динамических режимах результаты моделирования сравнивались с данными реального полета.

Литература:

1. Волков А.А. Исследование нестационарных режимов работы систем вентиляции герметичных отсеков пассажирских самолетов и их влияние на выбор рациональных параметров системы кондиционирования воздуха: дис. … канд. техн. наук: 05.07.02. Москва, МАИ, 2013, 174 с.

2. Старостин К.И. Математическое моделирование авиационных систем кондиционирования воздуха с учетом влажности. Вестник МАИ, 2009, т. 16, № 2, с. 141–145.

3. Müller C., Scholz D., Giese T. Dynamic simulation of innovative aircraft air conditioning. First CEAS European Air and Space Conference, 2007.

4. Гусаркин С.Н., Скиданов С.Н. Моделирование системы распределения воздуха пассажирского самолета. Инженерный журнал: наука и инновации, 2021, вып. 2.

5. Гусаркин С.Н. Функциональное моделирование установки охлаждения воздуха пассажирского самолета. 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019». Москва. Тезисы. – Типография «Логотип», 2019. – 605 с.

Research of the dynamic characteristics of the air conditioning system of a passenger aircraft using computer modeling

Gusarkin S.N.

MAI, Moscow, Russia

Competitive conditions in the passenger aircraft market force manufacturers to constantly improve the comfort of passengers and crew, which creates certain trends in the development of air conditioning systems, such as: lowering pressure in the pressurized cabin during cruising flight modes; increasing the number of zones of independent temperature control in the pressurized cabin; strict temperature regime in the pressurized cabin that does not allow large temperature fluctuations throughout the flight; expanding the ranges of atmospheric conditions for aircraft operation; facilitating the system controls for the crew [1].

Following these trends leads to a complicated operating conditions of air conditioning units, as well as to a significant complication of control and control algorithms, which necessitates detailed calculation and modeling at the stage of preliminary design [2]. Ensuring the required characteristics of the system forces engineers to pay more attention to the unsteady stages of the flight (takeoff, climb, descent and landing) and to look for methods for a comprehensive study of non-stationary modes of operation of the system [3].

During the work, a computer model of the air conditioning system was developed using the Simcenter Amesim software package. The model considers the operation of: air extraction systems from the main and auxiliary engine unit; hot air cooling units to prepare it for supply to the pressurized cabin; distribution systems for air supply to the pressurized cabin. To determine the parameters of the air in the cabin, the cockpit and in the underground space at different stages of the flight, the model also considers the thermal state of the pressurized cabin. Modeling of aggregates and pipelines was carried out using standard components of the corresponding Simcenter Amesim libraries.

To assess the reliability of the model, verification of its aggregates and hydraulic networks in static modes was carried out by comparison with the experiment or the data of the component manufacturer [4, 5]. In dynamic modes, the simulation results were compared with real flight data.

References:

1. Volkov A.A. Issledovanie nestatsionarnykh rezhimov raboty sistem ventilyatsii germetichnykh otsekov passazhirskikh samoletov i ikh vliyanie na vybor ratsionalnykh parametrov sistemy konditsionirovaniya vozdukha. diss. kand. tekhn. nauk [Investigating non-steady operation modes of ventilation systems in sealed compartments of passenger aircraft and their effect on selecting efficient parameters for the air conditioning system. Cand. Eng. Sc. Diss.]. Moscow, Moscow Aviation Institute, 2013, 174 p.

2. Starostin K.I. Vestnik MAI — Aerospace MAI Journal, 2009, vol. 16, no. 2, pp. 141–145.

3. Müller C., Scholz D., Giese T. Dynamic simulation of innovative aircraft air conditioning. First CEAS European Air and Space Conference, 2007.

4. Gusarkin S.N., Skidanov S.N. Simulating air distribution system for civil aircraft. Engineering Journal: Science and Innovation, №2,·2021.

5. Gusarkin S.N. Functional simulation of air conditioning pack of passenger aircraft. 18th International Conference “Aviation and Cosmonautics – 2019”. 18-22 November, 2019. Moscow. Abstracts. – Printing house “Logotype”, 2019. – 605 p.

Сравнение метрологических систем для автоматизированной сборки центральной части фюзеляжа вертолёта

Давыдов П.К., Ковалевич М.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Бесстапельная или автоматизированная сборка центральной части фюзеляжа вертолёта включает в себя сборку отсека с помощью промышленных манипуляторов. Рассматривается сборка, при которой нижняя часть расположена в ложементе, а остальные, две бортовые панели и потолочная панель, позиционируются в пространстве с помощью робота FANUC M2000i.

Несмотря на достаточно хорошую повторяемость, в промышленности хорошо известно, что точность промышленных роботов относительно низкая. Исследования точности робота показали, что, хотя повторяемость находится в диапазоне субмиллиметров (±0,3 мм), абсолютная точность значительно варьируется и может быть значительно выше миллиметровой отметки (±5-10 мм; ±0,5-1,8 мм). И этому недостатку точности способствует широкий спектр факторов, включая аппаратные и программные ограничения, производственные допуски, влияние полезной нагрузки, соответствие, эластичность и тепловые эффекты. Более совершенные процедуры калибровки могут еще больше повысить достижимую точность. Однако эти методы имеют несколько недостатков, и в последнее время основное внимание уделяется внешним метрологическим системам.

Так, здесь рассматриваются следующие метрологические системы: измерительные системы Nikon Metrology IGPS и Leica Geosystems T-Mac. Обе системы используют обнаружение лазерных сигналов, с отличием, что у Leica лазерный передатчик один, а у iGPS их не менее двух. Приёмник сигнала может быть установлен на промышленных роботах или панелях и работает в сочетании с лазерным трекером для обеспечения автоматической обратной связи и наведения в режиме реального времени.

Точность статичного позиционирования без применения внешних метрологических систем составляет минимум 1.88 мм и 0.16 градусов. С применением iGPS точность повышается до 0.15 мм и 0.02 градуса. Самое точное позиционирование обеспечивает Leica с 0.04 мм и 0.04 градуса.

При динамическом позиционировании отклонение точности манипулятора составляют 0,31 мм. С использованием iGPS 0,07 мм на скорости 50 мм/с и 0,09 на скорости 100 мм/с. При использовании Leica отклонение составляет 0.05 мм на таких же скоростях.

Видно, что при использовании внешних измерительных систем для управления позиционированием робота абсолютная точность этого позиционирования может быть увеличена в десять раз

Для определения подходящей точности необходимо знать критерий на обвод фюзеляжа. Но на данный момент при сборке центральной части фюзеляжа, максимальный строгий критерий равен +-1мм. Обе системы удовлетворяют условиям точности.

Для позиционирования одной панели отсека требуется минимум 3 датчика для координации в пространстве. В случае, если в бесстапельной сборке участвуют сразу все 3 позиционируемые панели, то минимальное количество датчиков увеличивается до 9.

Две метрологические системы, имеют схожие функции при настройке для автоматического отслеживания, обратной связи и управления. В целом, Leika будет более точной для калибровки и управления роботом, однако она не может отслеживать более одной системы одновременно.

Следовательно, её использование становится экономически сомнительным для приложений с несколькими панелями. Но для более точного ответа необходимо знать стоимости систем и окончательный расчёт точности бесстапельной сборки.

Comparison of metrological systems for automated assembly of the helicopter's fuselage central part

Davydov P.K., Kovalevich M.V.
MAI, Moscow, Russia

The jigless or automated assembly of the central part of the helicopter fuselage includes the assembly of the compartment using industrial manipulators. The assembly is considered, in which the lower part is located in the bed, and the rest, two side panels and a ceiling panel, are positioned in space using the FANUC M2000i robot.

Despite the fairly good repeatability, it is well known in industry that the accuracy of industrial robots is relatively low. Studies of the robot's accuracy have shown that, although the repeatability is in the range of submillimeters (± 0.3 mm), the absolute accuracy varies significantly and can be significantly higher than the millimeter mark (± 5-10 mm; ± 0.5-1.8 mm). And a wide range of factors contribute to this lack of accuracy, including hardware and software limitations, manufacturing tolerances, payload effects, compliance, elasticity, and thermal effects. Better calibration procedures can further improve the achievable accuracy. However, these methods have several disadvantages, and recently the focus has been on external metrological systems.

So, the following metrological systems are considered here: Nikon Metrology IGPS and Leica Geosystems T-Mac measuring systems. Both systems use laser signal detection, with the difference that Leica has one laser transmitter, and IGPs has at least two of them. The signal receiver can be mounted on industrial robots or panels and works in combination with a laser tracker to provide automatic feedback and guidance in real time.

The accuracy of static positioning without the use of external metrological systems is at least 1.88 mm and 0.16 degrees. With the use of GPS, the accuracy increases to 0.15 mm and 0.02 degrees. The most accurate positioning is provided by Leica with 0.04 mm and 0.04 degrees.

With dynamic positioning, the accuracy deviation of the manipulator is 0.31 mm. Using GPS 0.07 mm at a speed of 50 mm/s and 0.09 at a speed of 100 m/s. When using Leica, the deviation is 0.05 mm at the same speeds.

It can be seen that when using external measuring systems to control the positioning of the robot, the absolute accuracy of this positioning can be increased tenfold

To determine the appropriate accuracy, it is necessary to know the criterion for the fuselage outline. But at the moment, when assembling the central part of the fuselage, the maximum strict criterion is ±1 mm. Both systems satisfy the accuracy conditions.

Positioning one compartment panel requires at least 3 sensors for spatial coordination. If all 3 positioned panels participate in the staple assembly at once, then the minimum number of sensors increases to 9.

Two metrological systems have similar functions when configured for automatic tracking, feedback and management. In general, Leica will be more accurate for calibrating and controlling the robot, however, it cannot track more than one system at a time.

Consequently, its use becomes economically questionable for applications with multiple panels. But for a more accurate answer, it is necessary to know the cost of the systems and the final calculation of the accuracy of the jigless assembly.

Расчет обтекания крылового профиля со вдувом в поток с задней кромки

Дегтярев Н.Д.

БГТУ «Военмех», г. Санкт-Петербург, Россия

Одной из важнейших характеристик легких самолетов, будь то пилотируемый или беспилотный ЛА, является маневренность. Существующие конструкции маневренных самолетов предполагают управление за счет механизации крыла: закрылки, элероны и т.д. К списку недостатков этих способов можно приписать повышение заметности ЛА для систем обнаружения из-за подвижных деталей корпуса. Использование конструктивных схем крыльев с реактивными закрылками поможет этого избежать.

В данной работе был проведен двумерный расчет обтекания крылового профиля NACA0012 с хордой 0,1 м несжимаемым дозвуковым потоком скоростью 50 м/с со вдувом воздуха с задней кромки крыла с разными положениями профиля в потоке: под углами атаки от нуля до сорока пяти градусов, на каждом угле атаки проводился расчет с различными скоростями вдува от 0 до 50 м/с. На основе полученных данных было исследовано влияние вдува в поток на картину течения и силы, действующие на крыло при разных углах атаки. Расчет производился путем численного моделирования в пакете программ ANSYS Fluent, с использованием RANS модели при подключении SST модели турбулентности.

В результате расчета были получены зависимости сил, действующих на аэродинамический профиль NACA0012, от углов атаки с задней кромки крыла при различных скоростях вдува в поток, и картины течения. На основании этих данных можно сказать, что на силу сопротивления вдув влияет слабо, лишь слегка увеличивая ее при углах атаки больше 20 градусов, однако при малых углах атаки, ввиду ламинарной картины течения в окрестностях крыла, влияние вдува достаточно велико, чтобы радикальным образом менять картину течения, увеличивая подъемную силу до двух раз, не влияя на силу сопротивления, вследствие чего растет аэродинамическое качество крыла. При таких условиях струя воздуха, вдуваемая с задней кромки крыла, может работать как механический закрылок. Однако, при больших углах атаки, возникает масштабный отрыв потока от верхней поверхности крыла, и турбулентные структуры, образующиеся при этом, вносят в картину и параметры течения вклад гораздо больший, чем струя вдува, сводя ее влияние к минимуму. Таким образом, можно заключить, что струя, вдуваемая с задней кромки крыла, является эффективным способом управления потоком на докритических углах атаки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект «Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», № FZWF-2020-0015).

1. Л. Прандтль. Гидроаэромеханика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая механика», 200

2. Компьютерное проектирование. ANSYS: [учебное пособие] / М. А. Денисов
Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. - 77 с.

3. Шорстов, В. А. Расчет аэродинамических и акустических характеристик профиля NACA0012 с использованием зонного RANS-IDDES подхода / В. А. Шорстов, В. Е. Макаров // Математическое моделирование. – 2018. – Т. 30. – № 5. – С. 19-36.

Computation of the flow around the airfoil with injection from the trailing edge

Nikolay D.D.
BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

One of the most important specifications of a light aircraft, either manned or unmanned, is maneuverability. Existing designs of a maneuverable aircraft provide a control by using a wing mechanization: flaps, ailerons, etc. These moving parts of the wing increase a visibility of an aircraft for detection systems. The use of design schemes of wings with jet flaps can help to avoid this.

In the present study, 2D flow around the airfoil NACA-0012 w ith jet flaps is studied by numerical simulation. The airfoil chord was taken equal to 10 cm, the speed of an undisturbed flow was 50 m/s, the velocity vector of injection jet from the trailing edge was directed at the angle of 45 degrees to the chord, and its magnitude was varied from 0 to 50 m/s. The angle of attack of the airfoil α was varied from 0 up to 45 degrees. RANS approach with SST turbulence model was used for flow modeling. Computational simulation was carried out using ANSYS Fluent soft.

The effect of injection on the flow pattern, the drag and the lift force of the airfoil was investigated. It was found that the injection from the trailing edge produces not only a thrust acting on the airfoil, but it also changes the pressure distribution on the airfoil. The jet injection operates simultaneously as a flap and a jet engine. In the range of the angle of attack α from 0 to approximately 20 degrees, the drag force increases only slightly with α regardless of the injection speed. The lift force increases (up to a two times) with α in the range $\alpha \leq 10\circ$, then it decreases due to formation of massive separation flow from the upper side of the airfoil, but it increases again with a further increase of α. Thus the injection from the trailing edge can be considered as an effective means of control of wing aerodynamic characteristics at a subcritical angle of attack.

This study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation during implementation of the project “Creating a leading scientific and technical reserve in the development of advanced technologies for small gas turbine, rocket and combined engines of ultra-light launch vehicles, small spacecraft and unmanned aerial vehicles that provide priority positions for Russian companies in emerging global markets of the future”, No. FZWF-2020-0015.

Полная электрификация авиационной техники – от магистральной авиации до аэромобильности

Духновский Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Исследования и разработки по части перехода на альтернативные источники энергии для совершения полёта обусловлены рядом причин, к важнейшим из которых стоит отнести ухудшение экологической обстановки в местах большой концентрации населения, удорожание нефти и газа и возникшая необходимость решения новых задач силами авиационной техники (АТ).

Для определения места и роли полной электрификации АТ (использования электричества в качестве источника энергии для полёта) автором был проведён ряд исследований, определяющий, как появляющиеся ограничения, так и открывающиеся возможности. Отметим, что под АТ будем понимать не только классические летательные аппараты (самолёты), но и более малоразмерные (дроны, малые беспилотники и т.д.).

Установлены ограничения полностью электрифицированной авиационной техники (ПЭАТ) с учётом выдающейся динамики разработки новых аккумуляторных батарей, обеспечивающих высокие показатели удельной по массе энергии [1]:

1) необходимость радикальной реконструкции инфраструктуры аэропортов при переходе магистральной авиации на использование электроэнергии;

2) необходимость создания дополнительных электростанций и сопутствующей инфраструктуры вблизи крупных аэропортов;

3) уменьшение весового совершенства конструкции АТ ввиду особенностей изменения массы в ходе полёта, нарастающее с ростом относительной массы запасаемой энергии (ОМЗЭ) [1];

4) высочайшая сложность реализации конструктивных и организационных мер по обеспечению уменьшения массы АТ в полёте [2];

5) несущественное снижение общего уровня загрязнения атмосферы;

6) сложность обеспечения скорости полёта, равной современным магистральным самолётам.

Установлены новые возможности:

1) значительное снижение трудоёмкости технического обслуживания силовой установки;

2) значительное снижение сложности создания эксплуатационной инфраструктуры;

3) возможность значительного снижения уровня загрязнения атмосферы на пути следования АТ;

4) возможность выноса источников загрязнения атмосферы в зоны меньшей концентрации населения;

5) возможность создания новых типов АТ, используемых в городской и пригородной среде [2].

Полученные научные результаты заключаются в определении области существования ПЭАТ в зависимости от ОМЗЭ [2], определении приближенной методики оценки дальности полёта ПЭАТ [2], определении важной роли электрификации для развития Аэромобильности. Полученные результаты будут развиты и углублены в интересах создания методики проектирования ПЭАТ.

1. Dukhnovskiy D.A. Formation of the Area of Possible Existence of Electrified Airplanes // 2020 New Trends in Aviation Development (NTAD). – IEEE, 2020. – С. 49-53.

2. Духновский Д.А., Смагин А.А., Шкурин М.В. К вопросу увеличения дальности полёта электрифицированных магистральных летательных аппаратов // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2021. Т. 13. № 4. С. 4-11.

Full electrification of aircraft - from long-haul aviation to air mobility

Dukhnovskiy D.A.

MAI, Moscow, Russia

Research and development in the field of using alternative energy sources for flight are due to a number of reasons, the most important of which are the deterioration of the environmental situation in places of high concentration of the population, the rise in oil and gas prices and the emerging need to solve new problems by aircraft.

To determine the place and role of the complete electrification of aircraft (the use of electricity as a source of energy for flight), the author carried out a number of studies that determine both emerging limitations and opening opportunities. Note that by aircraft we mean not only classical flying vehicles (airplanes), but also smaller ones (drones, small drones, etc.).

Limitations of fully electrified aircraft (FEA) have been established, taking into account the admirable dynamics of the development of new storage batteries, providing high rates of specific energy by weight [1]:

1) the necessity for a radical reconstruction of the airport infrastructure in the transition of mainline aviation to the use of electricity;

2) the necessity to create additional power plants and related infrastructure near major airports;

3) a decrease in the weight perfection of the aircraft design due to the peculiarities of the change in mass during the flight, which increases with an increase in the relative mass of stored energy (RMOSE) [1];

4) the substantial complexity of the implementation of constructive and organizational measures to ensure the reduction of the mass of aircraft in flight [2];

5) an insignificant decrease in the general level of atmospheric pollution;

6) the difficulty of ensuring a flight speed equal to modern long-haul aircraft.

New features installed:

1) a significant reduction in the labor intensity of maintenance of the power plant;

2) a significant reduction in the complexity of creating an operational infrastructure;

3) the possibility of a significant reduction in the level of atmospheric pollution along the route of aircraft;

4) the possibility of the removal of sources of atmospheric pollution in areas of lower concentration of the population;

5) the possibility of creating new types of aircraft used in urban and suburban environments [2].

The obtained scientific results consist in determining the area of existence of FEA depending on the RMOSE [2], determining an approximate method for assessing the flight range of FEA [2], determining the important role of electrification for the development of Airmobility. The results obtained will be developed and deepened in the interests of creating a method for designing FEA.

1. Dukhnovskiy D.A. Formation of the Area of Possible Existence of Electrified Airplanes // 2020 New Trends in Aviation Development (NTAD). – IEEE, 2020. – C. 49-53.

2. Dukhnovskiy D.A., Smagin A.A., Shkurin M.V. K voprosu uvelicheniya dal'nosti polyota elektrificirovannyh magistral'nyh letatel'nyh apparatov // Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskih issledovaniyah Zemli. 2021. T. 13. № 4. S. 4-11.

Методика анализа процесса управления затратами на качество

Ершова И.М., Денискина А.Р.

МАИ, г. Москва, Россия

Управление затратами на качество включает планирование затрат, их учёт, контроль возникающих отклонений, анализ затрат, а также их регулирование. Управление затратами на качество является сложным процессом, который влияет на деятельность предприятия, и на эффективность его системы менеджмента качества. Для управления данным процессом необходимо определить его основные характеристики.

Целью управления затратами на качество является повышение эффективности СМК. Эта цель подразумевает, что повышение качества должно быть тождественно снижению затрат на его обеспечение, и существенное повышение качества на предприятии значительно влияет на его отдельные процессы. Результатом процесса должна служить эффективная СМК, т.е. достижение предприятием развития СМК, при котором оно получает максимальное преимущество от её функционирования.

Владелец процесса в лице директора по качеству несет ответственность за планирование процесса управления затратами на качество, контроля выполнения данного процесса, ведения достоверной отчетности о ходе процесса, а также за принятие управленческих решений. Помимо этого, процесс управления затратами на качество включает в себя планирование затрат, сбор информации, расчет и систематизация данных о затратах на качество, расчет аналитических показателей и составление отчетности по затратам на качество, анализ затрат на качество, разработку и реализацию программы мероприятий по повышению эффективности СМК.

Основная цель процесса управления затратами на качество – повышение эффективности СМК, для её достижения, а, следовательно, для повышения конкурентоспособности предприятию, необходимо организовать процесс управления затратами на качество при помощи уменьшения потерь от несоответствующего качества, снижения затрат на поддержание СМК без ущерба качеству, увеличения эффективности мероприятий, направленных на улучшение качества. Достижение эффективности СМК не будет возможно без комплексного процессного подхода.

Рассматриваемая проблема является актуальной, поскольку предприятия заинтересованы в обеспечении эффективности своей деятельности, особенно в условиях глобальной пандемии, оказавшей влияние на мировую экономику. Вопрос достижения эффективности производства связан в первую очередь с конкурентоспособностью предприятия, основной составляющей которой является обеспечение необходимого качества товара или услуг. Проблема достижения высокого качества ценою не черезмерных, оправданных затрат требует постоянного внимания со стороны руководства предприятий, а также тщательного контроля. Для обеспечения наилучшего управления затратами на качество, необходимо внедрить

«научный подход» к организации процесса. Научный подход подразумевает как учёт опыта других предприятий, так и научных трудов по данной теме.

Литература:

1. Демиденко Д.С., Леонова Т.И., Бабарин М.С. Экономическая модель оптимизации качества // Стандарты и качество. 2014. №. 7.

2. Демиденко Д.С., Родионов Д.Г., Малевская-Малевич Е.Д. Определение оптимального плана по качеству для предприятий и организаций // Экономика и предпринимательство. 2016. №. 12-3. С. 1015-1021.

3. Goetsch D.L., Davis S.B. Quality management for organizational excellence. Upper Saddle River, NJ : pearson, 2014.

4. McNeil A.J., Frey R., Embrechts P. Quantitative risk management: Concepts, techniques and tools. Princeton university press, 2015.

Methodology for analyzing the quality cost management process

Ershova I.M., Deniskina A.R.

MAI, Moscow, Russia

Quality cost management includes cost planning, accounting, control of emerging deviations, cost analysis, and their regulation. Quality cost management is a complex process that affects the activities of an enterprise and the effectiveness of its quality management system (hereinafter - QMS). To control this process, it is necessary to determine its main characteristics.

The goal of quality cost management is to improve the efficiency of the QMS. This goal implies that improving quality should be identical to reducing the cost of ensuring it, and a significant increase in quality at the enterprise significantly affects its individual processes. The process should result in an effective QMS, i.e. achievement by the enterprise of the development of the QMS, in which it receives the maximum benefit from its functioning. An indicator of the result of the process will be the effect of the implementation of measures aimed at increasing the efficiency of the QMS.

The process owner, represented by the quality director, is responsible for planning the quality cost management process, monitoring the implementation of this process, maintaining reliable reporting on the progress of the process, as well as making management decisions. In addition, the quality cost management process includes cost planning, collecting information, calculating and organizing data on quality costs, calculating analytical indicators and reporting on quality costs, analyzing quality costs, developing and implementing a program of measures to improve efficiency. QMS.

Since the main goal of the quality cost management process is to improve the efficiency of the QMS, in order to achieve it, and, consequently, to increase the competitiveness of the enterprise, it is necessary to organize the process of managing quality costs by reducing losses from inadequate quality, reducing the cost of maintaining the QMS without compromising quality, increasing the effectiveness of measures aimed at improving quality. Achieving the effectiveness of the QMS will not be possible without an integrated process approach, which leads to the conclusion that it is necessary to introduce this process into the enterprise's processes.

The problem under consideration is relevant, since enterprises are interested in ensuring the effectiveness of their activities, especially in the context of a global pandemic that has affected the world economy. The issue of achieving production efficiency is primarily associated with the competitiveness of the enterprise, the main component of which is to ensure the required quality of goods or services. The problem of achieving high quality at the cost of not excessive, justified costs requires constant attention from the management of enterprises, as well as careful control. To ensure the best management of quality costs, it is necessary to introduce a "scientific approach" to the organization of the process. A scientific approach implies both taking into account the experience of other enterprises and scientific works on this topic.

Обеспечение робастности системы управления, построенной на базе принципа «Обратная динамика»

Ефремов Е.В., Ефремов А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящей работе рассматривается система управления, построенная на базе принципа «обратная динамика». Такая система управления позволяет обеспечить желаемую динамику объекта управления в широком диапазоне частот, но при этом имеет несколько особенностей.

1) Необходимо обеспечить устойчивость летательного аппарата введением обратных связей;

2) Порядок числителя полученного регулятора выше, чем порядок знаменателя, что делает систему нереализуемой. Для устранения этой проблемы необходимо вводить высокочастотные фильтры, позволяющие увеличить порядок знаменателя.

3) Регулятор, построенный по такому принципу, требует точного знания аэродинамики летательного аппарата. Поэтому, одним из важных требований, предъявляемых к системе управления построенной на базе принципа «обратная динамика», является обеспечение робастности.

В настоящей работе предложено ее обеспечить путем введение в тракт управления интегральных законов. Неточность знания аэродинамики обеспечивалось путем увеличения на 25% элементов матрицы динамических коэффициентов и уменьшения на 50% матрицы эффективностей.

Путем математического моделирования системы летчик-ЛА показано, что использование интегральных законов позволяет добиться практически той же точности, что и в случае точного знания аэродинамики ЛА, в отличии от варианта использования обратных связей со статическими коэффициентами. Такой результат подтвержден сериями экспериментальных исследований. Кроме того была выполнена оценка пилотажных характеристик с использованием Нового критерия МАИ, которая показала, что в случае точного знания аэродинамики летательный аппарат с системой управления на базе принципа «обратная динамика» принадлежит первому уровню пилотажных характеристик, в случае неточного знания – второму, и в случае использования интегральных законов – первому уровню.

Публикация тезисов подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 8 декабря 2020 г. № 075-11-2020-023).

Ensuring the robustness of the control system based on the principle of "Inverse dynamics"

Efremov E.V., Efremov A.V.
MAI, Moscow, Russia

In this paper, a control system based on the “inverse dynamics” principle is considered. Such a control system makes it possible to provide the desired dynamics of the control object in a wide frequency range, but at the same time it has several features.

1) It is necessary to ensure the stability of the aircraft by adding a feedbacks;

2) The order of the numerator of the resulting controller is higher than the order of the denominator, which makes the system unrealizable. To eliminate this problem, it is necessary to add a high-frequency filters to increase the order of the denominator.

3) A controller based on this principle requires accurate knowledge of the aerodynamics of the aircraft. Therefore, one of the important requirements for a control system built on the basis of the “inverse dynamics” principle is to ensure robustness.

In this paper, it is proposed to provide it by adding an integral laws into the control loop. The inaccuracy of knowledge of aerodynamics was ensured by increasing the elements of the dynamic coefficient matrix by 25% and decreasing the efficiency matrix by 50%.

By means of mathematical modeling of the pilot-aircraft system, it is shown that the use of integral laws makes it possible to achieve practically the same accuracy as in the case of exact knowledge of the aircraft aerodynamics, in contrast to the option of using feedbacks with static coefficients. This result has been confirmed by a series of experimental studies. In addition, an assessment of flight

characteristics was carried out using the New MAI criterion, which showed that in the case of accurate knowledge of aerodynamics, an aircraft with a control system based on the principle of "inverse dynamics" belongs to the first level of flight characteristics, in the case of inaccurate knowledge – to the second, and in the case of the use of integral laws - the first level.

The paper is prepared in the framework of the Program for the development of a world-class research center “Supersonic” in 2020-2025 founded by Russian Ministry of Science and Higher Education (Agreement 16 Nov 2020 № 075-15-2020-924)

Стойкость супергидрофобных покрытий к вредным воздействиям загрязняющих жидкостей, используемым при эксплуатации летательного аппарата

[1]Жигулин И.Е., [2]Емельяненко К.А., [2]Бойнович Л.Б.
[1]МАИ, [2]ИФХЭ РАН, г. Москва, Россия

Для установления понимания между сертифицирующим органом и разработчиком при создании воздушного судна или его компонентов используются гармонизированные процедуры сертификации, определенные разделах мировых авиационных правил CS(EU), FAR(USA) и ФАП(РФ). Последние поправки к таким Авиационным правилам отражают текущие нужды отрасли, указывают будущие тренды для новых технологий и определяют процедуры эксплуатации новых типов воздушных судов (ВС).

Применение современных материалов и функциональных покрытий позволяет заменять многокомпонентные системы и использовать новые материалы для упрощения конструкции основного устройства, обеспечивающего требуемый функционал работы самолётной системы. Например, гидрофобные покрытия на стеклах кабины экипажа, получившие широкое распространение в бизнес-авиации, заменили собой системы стеклоочистителя, щётки и обдув стекла.

Авиационное сообщество возлагает большие надежды на применение супергидрофобных покрытий для защиты от обледенения несущих поверхностей самолёта, взамен традиционных противообледенительных систем, потребляющих большое количество тепловой, электрической или пневматической энергии, нередко представляющих опасность для окружающей среды и персонала

Обзор научных исследований показывает, что помимо сертификационных требований, изложенных в Приложениях С и О к АП-25, в настоящее время не разработано специальных требований, которые бы предъявлялись к супергидрофобным покрытиям, устанавливаемым на самолёт.

Применение супергидрофобных покрытий на поверхности ВС и его компонентов может квалифицироваться как функциональное покрытие обеспечивающее стойкость к неблагоприятным погодным условиям: дождю, слякоти, мокрому снегу и защищающих от атмосферного обледенения.

К компонентам ВС, в зависимости от исполнения, предъявляются требования испытаний на внешние воздействующие факторы. В рамках стандарта КТ-160/DO-160 квалификационные требования по категориям стойкости к внешним воздействующим факторам содержат в себе условия испытаний, которые можно применять до формирования требований на изделие.

Используя эти квалификационные требования, в представленной работе были проведены испытания, определяющие могут ли супергидрофобные покрытия, используемые на конструкции самолёта, выдерживать вредные воздействия загрязняющих жидкостей, применяемых при эксплуатации летательного аппарата в полётах и на земле во всем диапазоне ожидаемых условий эксплуатации. Образцы супергидрофобных покрытий погружались в авиационное топливо для реактивных двигателей, гидравлическую жидкость, изопропиловый спирт и полипропиленгликоль.

Была предложена методика испытания покрытий. Критерием прохождения испытаний являлось отсутствие признаков повреждения и сохранение супергидрофобных свойств изделия (сохранение высоких значений краевого угла).

Результаты проведенных испытаний показывают высокую стойкость предложенных нашей научной группой покрытий к вредным воздействиям загрязняющих жидкостей. Таким

образом показано, что супергидрофобные покрытия, могут быть использованы как покрытия, которые обеспечивают невосприимчивость авиационных конструкций и оборудования ВС к жидкостям.

The resistance of the superhydrophobic coatings to cause adverse effects of contaminating fluids, which may be encountered in aircraft operations

[1]Zhigulin I.E., [2]Emelyanenko K.A., [2]Boinovich L.B.
[1]MAI, [2]IPCE RAS, Moscow, Russia

To establish an understanding between the certifying authorities and the developer when creating an aircraft or its components, harmonized certification procedures are used, defined in the sections of the world aviation regulations CS (EU), FAR (USA), and FAP (RF). The latest amendments to such Aviation Regulations reflect the industry's current needs and rising trends and define the operating procedures for new types of aircraft (AC).

The application of polyfunctional coatings allows replacing multicomponent systems and using new materials to simplify the design of elements that provide the aircraft system's required functionality. For example, hydrophobic coatings on cockpit glass, which have become widespread in business aviation, have replaced window wipers and glass blowing systems.

Application of superhydrophobic coatings has high potential to protect against icing of aircraft aerodynamical surfaces, instead of traditional de-icing systems that consume large amounts of thermal, electrical, or pneumatic energy and often pose a threat to the environment and personnel.

A review of the literature shows that, in addition to the certification requirements set out in Appendices C and O to AP-25, there are currently no specific requirements for superhydrophobic coatings used on aircraft. That way, the application of superhydrophobic coatings on the surface of aircraft or its components can qualify as a functional coating that provides resistance to adverse weather conditions: rain, slush, sleet, and protects against atmospheric icing. Aircraft components, depending on exact function, are subject to testing requirements for environmental conditions. Within the framework of the DO-160 standard, the qualification requirements for the categories of resistance to environmental conditions contain test conditions that can be applied before the requirements for the product are formed. Using these qualification requirements, in the presented work, we have conducted tests to determine whether superhydrophobic coatings used on the aircraft structure can withstand the adverse effects of contaminants used in the operation of the aircraft in flight and on the ground over the entire range of expected operating conditions. Samples of superhydrophobic coatings were immersed in aviation jet fuel, hydraulic fluid, isopropyl alcohol, and polypropylene glycol.

A procedure to test the superhydrophobic coating was proposed. The criterion for passing the tests was the absence of signs of damage and the preservation of the superhydrophobic properties of the coating (preservation of high values of the contact angle).

The results of the tests carried out show the high resistance of the coatings proposed by our scientific group to the adverse effects of contaminants. Thus, it has been demonstrated that superhydrophobic coatings can be used as durable coatings that ensure aircraft structures and equipment immunity to industrial aviation fluids.

Расчётные исследования по выбору оптимального положения ПВД вертолёта Ми-38

Задоя М.В.
АО «НЦВ Миль и Камов», г. Жуковский, Россия

Для безопасной и рациональной эксплуатации вертолёта лётчику необходимо получать достоверную информацию о скорости полёта аппарата.

Анализ лётных испытаний вертолёта Ми-38 выявил, что показания приёмников воздушного давления (ПВД) на некоторых режимах полёта существенно отличаются от значений индикаторной скорости, также замечены забросы показаний приборных скоростей на переходных режимах полёта. Предположительно, подобные проблемы связаны с некорректным выбором места установки ПВД.

В данной работе исследовалось поле течения вблизи корпуса вертолёта Ми-38 в области расположения входных устройств ПВД с целью определения их наилучшего местоположения

для минимизации аэродинамических поправок к указателю приборной скорости. Были рассмотрены режимы горизонтального полёта с различными поступательными скоростями со скольжением и без, переходный режим полёта с переменными углами атаки, аналогичный зафиксированному в лётных испытаниях.

С помощью программного обеспечения ANSYS CFX производилось численное моделирование обтекания изолированного корпуса вертолёта Ми-38 без учёта влияния винта.

Проведены исследования по определению зависимости аэродинамических поправок к указателю приборной скорости от углов скольжения и атаки вертолета.

Были получены данные о скоростях потока в месте установки штатных приемников воздушного давления и выбраны их новые положения, обеспечивающие существенно меньшие аэродинамические поправки к указателю приборной скорости.

Определено, что рекомендованные места установки приемников воздушного давления обеспечивают значительное снижение аэродинамических поправок к указателю приборной скорости при наличии скольжения и изменения угла атаки вертолета.

Computational Research on Selection of the Optimal Position of the Pitot-static Systems of the Mi-38 Helicopter

Zadoya M.V.

Mil&Kamov National Helicopter Center, Zhukovsky, Russia

For safe and efficient helicopter operation pilot have to get reliable information about the flight speed of the aircraft.

Analysis of flight tests of the Mi-38 helicopter revealed that the readings of the pitot-static systems for some flight modes is significantly different from equivalent airspeed , also sharp changes of helicopter indicate speed readings was noted during transitional mode. Probably, such problems caused by incorrect choice of pitot-static system location.

In the paper we investigated flow field near Mi-38 helicopter pitot-static systems inputs in order to find there best location to minimize the error. Flight modes at different speeds with sideslip and without sideslip and transitional mode similar to the one recorded in flight tests were simulated.

Numerical simulation of airflow around Mi-38 helicopter fuselage without rotor effects was produced using ANSYS CFX.

Flow rates data at regular installation sites was obtained and new pitot-static systems locations were offered. New pitot-static systems locations provide considerable reduction of aerodynamic corrections to the instrument speed indicator.

Was defined, that recommended locations of the pitot-static systems provide considerable reduction of aerodynamic corrections to the instrument speed indicator at flight with sideslip and changes of the angle of attack.

Подход к формированию облика авариестойкой топливной системы скоростного винтокрылого летательного аппарата

Зинина А.И., Серебрянский С.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Важным вопросом при проектировании перспективного летательного аппарата (ЛА) является формирование авариестойкой топливной системы (АСТС). В работе рассматриваются такие винтокрылые летательные аппараты как: конвертопланы (ЛА способный осуществить как вертикальный взлет и посадку, так и длительный скоростной полет в крейсерском режиме), автожиры (ЛА у которого несущий винт приводится в действие не двигателем, как у вертолета, а набегающим потоком воздуха) и вертолеты (подъёмная и движущая силы на всех этапах полёта создаются несущими винтами с приводом от двигателей). [1] Особенностью эксплуатации скоростного винтокрылого летательного аппарата заключается в коротком взлете и посадке.

Для реализации безопасных полетов, при проектировании ЛА - критическим условием является установка значений вертикальной перегрузки. [2] Именно перегрузка влияет на надежность конструкции при эксплуатации. Посадка, при которой превышается максимально

допустимая вертикальная перегрузка, приводит к аварийным и критическим ситуациям, так как нагрузка действует на оборудование и системы ЛА, в том числе на топливную систему.

Так как именно безопасная эксплуатация авиационной техники является приоритетной при проектировании, особое внимание уделяется авариестойкости топливной системы. Безопасная эксплуатация ТС винтокрылого аппарата базируется на предотвращении утечек топлива из топливных баков и топливных магистралей при жесткой посадке. В представленной работе разрабатывается подход к оценке аварийности агрегатов топливной системы и проработка конструктивных решений.

Методика оценки авариестойкости системы заключается в комплексировании технических требований и требований авиационных правил. [3, 4] Соответствие формируемому облику ТС можно подтвердить посредством натурных испытаний и средствами математического моделирования, то есть при проведении валидации.

Из рассматриваемых в работе винтокрылых аппаратов, наибольшую вертикальную перегрузку испытывает вертолет, следовательно, данный аппарат подвержен возникновению аварийной ситуации больше других.

В работе проанализировано выполнение технических требований и требований авиационных правил при проектировании ЛА и сформирован рациональный облик АСТС.

1. Ружицкий Е. И., Безаэродромная авиация, М., 1959.

2. Ефимов В.В., Основы авиации. Часть 1. Основы аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов.

3. Авиационные правила "Нормы летной годности винтокрылых аппаратов нормальной категории" (АП-27).

4. С. В. Грачев, Д. И. Смагин, Р. С. Савельев, К. С. Напреенко, А. И. Зинина, Концепция моделирования топливной системы с учетом требований сертификации, Comp. nanotechnol., 2020, выпуск 3, 45–51.

An approach to the formation of the appearance of a crash-resistant fuel system of a high-speed rotary-wing aircraft

Zinina A.I., Serebryansky S.A.

MAI, Moscow, Russia

An important issue in the design of a promising aircraft is the formation of an crash-resistant fuel system (ASTS).The paper considers such rotary-wing aircraft as: converters (aircraft capable of both vertical take-off and landing, and long-term high-speed flight in cruise mode), gyroplanes (aircraft with main rotor in the action is not by the engine, as in a helicopter, but by the oncoming air flow) and helicopters (lifting and driving forces at all stages of the flight are created by rotors driven by engines). A feature of the operation of a high-speed rotorcraft is a short takeoff and landing.

For the implementation of safe flights, when designing an aircraft, a critical condition is the setting of the vertical overload values. It is overload that affects the reliability of the structure during operation. A landing in which the maximum permissible vertical overload is exceeded leads to emergency and critical situations, since the load acts on the aircraft equipment and systems, including the fuel system.

Since it is the safe operation of aviation equipment that is a priority in the design, special attention is paid to the accident resistance of the fuel system. Safe operation of the rotorcraft vehicle is based on preventing fuel leaks from fuel tanks and fuel lines during a hard landing. The presented work develops an approach to assessing the accident rate of fuel system units and elaboration of design solutions. The methodology for assessing the system's crash resistance consists in the integration of technical requirements and requirements of aviation regulations. Compliance with the formed appearance of the vehicle can be confirmed by means of field tests and by means of mathematical modeling, that is, during validation.

Of the rotary-wing vehicles considered in the work, the helicopter experiences the greatest vertical overload, therefore, this device is more susceptible to an emergency situation than others.

In the work, the fulfillment of technical requirements and requirements of aviation rules in the design of aircraft was analyzed and a rational appearance of the ASTS was formed.

Поиск решений проблемы сохранения материальной части ракетных кареток и средств измерения при трековых испытаниях изделий авиационной и ракетной техники при скорости (1200- 1500) м/с на ограниченной длине

[1]Катаев А.В., [2]Астахов С.А., [1]Бирюков В.И.

[1]МАИ, г. Москва; [2]ФКП «ГкНИПАС имени Л.К. Сафронова», г. Белоозерский, Россия

При разработке и создании систем авиационной техники и ракетного вооружения необходимо проводить испытания их основных агрегатов и систем на скоростях применения [1]. Увеличение их скоростных характеристик предъявляет новые требования к испытательному стендовому оборудованию, в том числе, к средствам торможения, применяемым на ракетно-рельсовом треке Торможение расширяет функциональные возможности высокоскоростных трековых испытаний, повышает их эффективность и информативность, снижает сроки и стоимость за счет повторного использования, сохраненной при испытаниях материальной части.

Каждый вид торможения, используемый на ракетном треке (аэродинамическое, фрикционное, гидродинамическое, с применением обратной тяги ракетных двигателей, за счет обмена количеством движения [2] и другие), ограничен диапазоном скоростей применения. Например, для аэродинамического или гидродинамического видов торможения верхний предел устанавливается исходя из прочностных характеристик тормозного устройства, а нижний – определяется минимальной скоростью его эффективной работы. На тормозные устройства, работающие при сверхзвуковых скоростях, распространяются следующие ограничения: по влиянию на динамику трековой каретки при разгоне, по времени ввода тормозного устройства в работу, по передаваемым нагрузкам на конструкцию каретки.

Целью проводимых исследований является разработка средств торможения с увеличенным скоростным диапазоном применения относительно существующих, предназначенных для аэрогидродинамического торможения объектов, движущихся по рельсовому треку, и обеспечивающих их остановку на ограниченной длине.

Задача о торможении ракетной каретки выглядит следующим образом: по рельсовому пути ракетного трека со скоростью v движется каретка, имеющая массу m; на участке протяженностью l каретка должна быть остановлена с помощью какого-либо устройства [3].

Разработка облика перспективного тормозного устройства предусматривает проведение исследований по оценке воздействия аэродинамического (гидродинамического) высокоскоростного потока на его конструкцию, а также величины тормозной силы, возникающей при этом. Подтверждение теоретических расчетов и эффективности работы перспективного тормозного устройства проводится экспериментально - за счет проведения динамического испытания на ракетном треке.

В результате проведения исследований должны быть выработаны решения по обеспечению торможения объектов, движущихся в условиях ракетного трека на новых скоростных рубежах, а также определены методы математического расчета работы применяемых тормозных устройств.

Литература:

1. Высокоскоростной ракетный трек для испытаний авиационных систем. А.И. Кошелев, В.Я. Ниязов, С.Н. Мансуров, И.В. Воротынцева//Русский инженер. 2011. № 2 (29). с. 40-41.

2. Развитие динамических испытаний на ракетном треке / Н.М. Ватутин, И.Г. Роберов, В.А. Тарновский, Ю.С. Фурсов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2021. – № 1(116). – С. 139-148.

3. Труды Института теоретической кибернетики. Вып. 87: Методы испытаний авиационной и ракетной техники на ракетной дорожке. 1967. 119 с.

Search for solutions of the problem for preserving the material part of rocket sleds and measuring instruments during track tests of aircraft and rocket technology products at a speed of (1,200 – 1,500) m/s at a limited length

[1]Kataev A.V., [2]Astakhov S.A., [3]Biryukov V.I.

[1]MAI, Moscow; [2]NIPAS named after L.K.Safronov, Beloozersky, Russia

In the development and creation of aviation equipment and rocket armament systems, it is necessary to test their main units and systems at application speeds [1]. The increase in their high-speed characteristics imposes new requirements on test bench equipment, including braking means used on a rocket-rail track. Braking expands the functionality of high-speed track tests, increases their efficiency and informativeness, reduces the time and cost due to reuse of the material part saved during testing.

Each type of braking used on a rocket track (aerodynamic, frictional, hydrodynamic, braking with the use of reverse thrust of rocket engines, braking due to the exchange of the amount of movement [2] and other types) is limited by the range of application speeds. For example, for aerodynamic or hydrodynamic types of braking, the upper limit is set based on the strength characteristics of the braking device, and the lower limit is determined by the minimum speed of its effective operation. Braking devices operating at supersonic speeds are subject to the following restrictions: on the effect on the dynamics of the track carriage during acceleration, on the time of putting the braking device into operation, on the transmitted loads on the sled structure.

The purpose of the conducted research is to develop braking means with an increased speed range of application relative to existing ones designed for aerohydrodynamic braking of objects moving along a rail track and ensuring their stopping at a limited length.

The task of braking a rocket sled is as follows: a rocket sled of a mass m moves along the rail track at a speed v; the sled must be stopped on a section with a length of l using some device [3].

The development of the appearance of a promising braking device involves conducting research to assess the impact of an aerodynamic (hydrodynamic) high-speed flow on its structure, as well as the magnitude of the braking force that occurs during this. The confirmation of theoretical calculations and the effectiveness of the promising braking device is carried out experimentally i.e. by conducting a dynamic test on a rocket track.

As a result of the research, solutions should be developed to ensure the braking of objects moving in the conditions of a rocket track at new high-speed limits, as well as methods of mathematical calculation of the operation of the applied braking devices.

References:

1. Koshelev A.I., Niyazov V.Ya., Mansurov S.N., Voroty`ntseva I.V. Russkij inzhener, 2011, no. 2 (29), pp. 40-41.

2. Vatutin N.M., Roberov I.G., Taranovskiy V.A., Fursov Yu.S. Izvestiya Rossiiskoi akademii raketnykh i artilleriiskikh nauk, 2021, no. 1 (116), pp. 139-148.

3. Metody ispytanii aviatsionnoi i raketnoi tekhniki na raketnoi dorozhke. Trudy № 87, Institut teoreticheskoi kibernetiki, 1967, 119 p.

Влияние газопроницаемых материалов на аэродинамические характеристики высокоскоростных лета

Каун Ю.В., Алексеева М.М.

БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

Важным этапом при проектировании летательных аппаратов является определение поля распределения газодинамических параметров внутренних и внешних течений. Проведение экспериментальных исследований дорого и не всегда точно можно получить результат из-за сложности воспроизведения в наземных условиях всех процессов в ударном слое. В решении данной задачи выступает численное моделирование в пакетах программ.

Исследования в области использования газопроницаемых покрытий ведутся уже несколько десятилетий. Метод транспирационного охлаждения используется в камерах с очень высокими плотностями теплового потока в стенку. В работах Института теоретической и прикладной механики им. Христиановича исследуется эффективность высокопористой

ячеистой вставки для управления сверхзвуковыми потоками вокруг осесимметричных тел. Авторы работ провели численные и экспериментальные исследования, показавшие, что применение газопроницаемых поглощающих вставок приводит к улучшению летно-технических характеристик.

В первой задаче рассматривается особенность газодинамических взаимодействий горячего потока продуктов сгорания с газопроницаемой вставкой центрального тела в докритической части высотного сопла. Вариант а предполагает использование пористой вставки, как насадка на центральное тело. Вариант б рассматривает возможность изготовления центрального тела сопла полностью из газопроницаемого материала. Проницаемость в обеих случаях составляет 0.79. Опыты продемонстрировали, что с увеличением количества Маха набегающего потока величина понижения сопротивления миниатюризируется при сохранении геометрических показателей модели и пористого материала. Это коррелируется с ростом гиперзвукового параметра при обтекании потоком частей скелета пористой вставки, описывающего повышение толщины пограничного слоя на элементах фронтальных слоев скелета. Это приводит к уменьшению газопроницаемости фронтальных слоев пористой вставки и повышению её сопротивления. Кроме того, перед центральным сплошным телом образуется точка торможения с высокими градиентами температур. Наличие пористой вставки решает данную проблему.

Вторая задача заключалась в рассмотрении использования газопроницаемых структур с выдувом ненагретого газа в набегающий поток во входном сечении в канал воздухозаборника. Численно рассматривается упрощенная модель воздухозаборника, состоящая из двух клиновидных тел в плоской постановке. Выдув производится с внутренней части ромбовидного тела. По результатам расчетов видно, что без выдува взаимодействие головных скачков уплотнения регулярное. Выдув до 0,7 числа Маха также оставляет регулярное взаимодействие и незначительно влияет на лобовое сопротивление системы. Очевидно только снижение термическое нагрузки на стенки конструкции. При 0,9 числа Маха видна смена типа взаимодействия скачков уплотнения. При сверхзвуковом выдуве около 1,1 числа Маха достигается максимальное снижение лобового сопротивления. Дальнейшее увеличение скорости выдува приводится уже к росту силы лобового сопротивления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ FZWF-2020-0015).

Литература:

1. M.M. Alekseeva, Yu.V. Kaun, M.V. Chernyshov, A.A. Yatsenko Influence of surface permeability on gas-dynamic characteristics of high-speed flight // Journal of Physics Conference Series 1959 (1): 012001 Follow journal DOI: 10.1088 / 1742-6596 / 1959/1/012001.

Influence of gas-permeable materials on the aerodynamic characteristics of high-speed aircraft

Kaun Y.V., Alekseeva M.M.
BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

An important stage in the design of aircraft is to determine the distribution field of the gas-dynamic parameters of internal and external flows. Experimental studies are expensive and it isn't always possible to obtain a result accurately because of the complexity of reproducing all processes in the shock layer underground conditions. In solving this problem, numerical modeling in software packages is used.

Research into the use of gas permeable coatings has been going on for several decades. The transpiration cooling method is used in chambers with very high densities of heat flux into the wall. In the works of the Institute of Theoretical and Applied Mechanics. Khristianovich investigates the efficiency of a highly porous cellular insert for controlling supersonic flows around axisymmetric bodies. The authors of the work carried out numerical and experimental studies, which showed that the use of gas-permeable absorbing inserts leads to an improvement in in-flight performance.

In the first problem, a feature of gas-dynamic interactions of a hot flow of combustion products with a gas-permeable insert of a central body in the subcritical part of a high-altitude nozzle is

considered. Option a assumes the use of a porous insert as a nozzle on the central body. Option b considers the possibility of making the central body of the nozzle entirely from a gas-permeable material. The permeability in both cases is 0.79. Experiments have shown that with an increase in the freestream Mach number, the drag decrease decreases while maintaining the geometric parameters of the model and the porous material. This correlates with an increase in the hypersonic parameter during the flow around the skeleton parts of the porous insert, which describes an increase in the thickness of the boundary layer on the elements of the frontal layers of the skeleton. This leads to a decrease in the gas permeability of the front layers of the porous insert and an increase in its resistance. In addition, a stagnation point with high-temperature gradients is formed in front of the central solid body. The presence of a porous insert solves this problem.

The second task was to consider the use of gas-permeable structures with unheated gas blowing out into the oncoming flow in the inlet section into the air intake channel. A simplified model of the air intake, consisting of two wedge-shaped bodies in a flat setting, is numerically considered. Blowing is done from the inside of the rhomboid body. The calculation results show that, without blowing, the interaction of the bow shock waves is regular. Blowing up to Mach 0.7 also leaves a regular interaction and has little effect on the drag of the system. Only a decrease in the thermal load on the walls of the structure is obvious. At 0.9 Mach number, a change in the type of shock interaction is seen. With the supersonic blowing of about 1.1 Mach number, the maximum drag reduction is achieved. A further increase in the blowing speed leads to an increase in the drag force. This study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation No.FZWF-2020-0015.

References:

1. M.M. Alekseeva, Yu V Kaun, M.V. Chernyshov, A. A. Yatsenko Influence of surface permeability on gas-dynamic characteristics of high-speed flight // Journal of Physics Conference Series 1959 (1): 012001 Follow journal DOI: 10.1088 / 1742-6596 / 1959/1/012001.

Методика разработки и анализа функциональной архитектуры самолета и его систем

Константинов И.А., Балашов Ю.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В соответствии с действующим руководством по разработке воздушных судов и его систем [1] главной проблемой разработки воздушного судна в настоящее время является интенсивный рост сложности современного самолета и интеграции его систем. Рост сложности обусловлен активным насыщением самолета ПО и электроникой, автоматизацией его основных функций. Функции систем современного ВС «переплетены» настолько тесно, что их проектирование возможно только в едином контексте, а оценка безопасности – только на основе анализа функционирования многих систем в их взаимодействии.

В ARP 4754A в качестве основного подхода к решению этой проблем рассматривается системная инженерия – междисциплинарная методология проектирования сложной техники. Методы системной инженерии и модели, разрабатываемые в рамках системной инженерии, имеют общий характер и независимы от конкретики каждой отдельной инженерной области (механика и прочность, гидравлика, аэродинамика, электротехника, электроника и т.д.), что и позволяет использовать данную дисциплину для проектирования сложных, сильно-интегрированных технических систем.

В части разработки функциональной архитектуры самолета есть также вторая проблема, связанная с первой – большой объем и одновременно разрозненность данных о функциях самолета, его систем и их элементов. Функции систем формируются и изменяются в ходе проекта соответствующими подразделениями разработчика и зачастую независимо размещаются в различных несвязанных между собой бумажных и электронных документах и базах данных. В результате процесс проектирования характеризуется большим количеством несоответствий, затягиванием сроков работ по оценкам безопасности, сказывающимся на общих сроках проекта и сертификации, разрабатываемой АТ.

Первым ответом на данный вызов является уже рассмотренный выше переход от перечня отдельных функций к архитектуре – согласованию и увязке отдельных функций в единую

архитектуру посредством соответствующих потоков материи, энергии и сигналов, что обеспечивает связность данных и их так называемую горизонтальную прослеживаемость (прослеживаемость на одном уровне – уровне функций самолета, уровне систем самолета или элементов систем), что обеспечивает возможность контроля их взаимной увязки (взаимной целостности).

References:

1. Nisio, N.D., Page, O.: Improving functional validation through analyses of operational problems, DOI: 10.2514/6.2018-2422 (2018).

2. Felderer, M., Marculescu, B. Gomes De Oliveira Neto, F., Feldt, R., Torkar, R.: A testability analysis framework for non-functional properties,

DOI: 10.1109/ISCTW.2018.00028 (2018).

3. Huang, X, Zhu, P., Yan, R. Yan, X.: Functional Testbench Qualification by Mutation Analysis, DOI: 10.1155/2015/25674 (2015).

4. Askhoj, C., Mortensen, N. H.: Deciding on the total number of product architectures, DOI:10.1177/1063293X19888968 (2020).

5. Inkermann, D., Hanna, M., Richter, T., Wortmann, N., Vietor, T., Krause, D.: The product architecture as a central concept in product developments. 30th Symposium Design for X, DFX 2019 Pages: 263-278, (2016)

6. Yamada, S., Miyajima, S., Yamada, T., Bracke, S., Inoue, M.: Decision support method for upgrade cycle planning and product architecture design of an upgradable product, DOI: 10.20965/ijat. 2020.p0919 (2020).

7. Richter, T., D. Inkermann and T. Vietor, 2016. A framework for integrated product architecture. 12th Biennal Norddesign 2016 Conference "Highlighting the Nordic Approach" (issue 1), NordDesign (2016)

Methodology for the development and analysis of the functional architecture for an aircraft and its system

Konstantinov I.A., Balashov Yu.V.

MAI, Moscow, Russia

In accordance with the current guidelines for the development of aircraft and its systems [1], the main problem in the development of an aircraft at the present time is the intensive growth of the complexity of a modern aircraft and the integration of its systems. The increase in complexity is due to the active saturation of the aircraft with software and electronics, and the automation of its main functions. The functions of modern aircraft systems are so closely intertwined that their design is possible only in a single context, and safety assessment is only based on an analysis of the functioning of many systems in their interaction.

ARP 4754A considers systems engineering, an interdisciplinary methodology for the design of complex equipment, as the main approach to solving this problem. Systems engineering methods and models developed in the framework of systems engineering are general in nature and independent of the specifics of each individual engineering field, which allows this discipline to be used for design complex, highly integrated technical systems.

In terms of the development of the functional architecture of the aircraft, there is also a second problem associated with the first – the large volume and at the same time fragmentation of data on the functions of the aircraft, its systems and their elements. The functions of the systems are formed and changed in the course of the project by the corresponding departments of the developer and are often independently placed in various unrelated paper and electronic documents and databases. As a result, the design process is characterized by a large number of inconsistencies, delaying the terms of work on safety assessments, which affects the overall terms of the project and certification of the developed aircraft.

The first answer to this challenge is the already discussed transition from the list of separate functions to architecture – the coordination and linking of individual functions into a single architecture through the appropriate flows of matter, energy and signals, which ensures data connectivity and their so-called horizontal traceability (traceability at one level - the level of aircraft

functions, the level of aircraft systems or system elements), which makes it possible to control their mutual coordination (mutual integrity).

References:

1. Nisio, N.D., Page, O.: Improving functional validation through analyses of operational problems, DOI: 10.2514/6.2018-2422 (2018).

2. Felderer, M., Marculescu, B. Gomes De Oliveira Neto, F., Feldt, R., Torkar, R.: A testability analysis framework for non-functional properties,
DOI: 10.1109/ISCTW.2018.00028 (2018).

3. Huang, X, Zhu, P., Yan, R. Yan, X.: Functional Testbench Qualification by Mutation Analysis, DOI: 10.1155/2015/25674 (2015).

4. Askhoj, C., Mortensen, N. H.: Deciding on the total number of product architectures, DOI:10.1177/1063293X19888968 (2020).

5. Inkermann, D., Hanna, M., Richter, T., Wortmann, N., Vietor, T., Krause, D.: The product architecture as a central concept in product developments. 30th Symposium Design for X, DFX 2019 Pages: 263-278, (2016)

6. Yamada, S., Miyajima, S., Yamada, T., Bracke, S., Inoue, M.: Decision support method for upgrade cycle planning and product architecture design of an upgradable product, DOI: 10.20965/ijat. 2020.p0919 (2020).

Численное моделирование аэродинамических характеристик комбинации планера и соосного несущего винта вертолета на базе метода URANS

Константинов С.Г., Игнаткин Ю.М., Макеев П.В., Шомов А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Степень аэродинамического совершенства планера вертолёта в значительной степени влияет на его лётно-технические характеристики. Поэтому выбор оптимальной компоновки планера с учётом интерференции между его отдельными элементами и влиянием несущего винта (НВ) является важной и актуальной задачей.

Долгое время решение подобных задач требовало проведения сложных и дорогостоящих экспериментальных исследований, особенно при необходимости моделирования аэродинамических характеристик (АХ) планера в присутствии НВ. В настоящее время развитие вычислительной техники позволяет решать задачу определения АХ планера вертолета, как изолированного, так и с учетом влияния несущего винта (НВ) на базе методов вычислительной аэрогидродинамики (CFD). Такой подход способен дополнить результаты экспериментальных исследований и снизить затраты на создание вертолетной техники.

В представленной работе выполнено исследование АХ изолированного планера вертолета Ка-226 при различных углах атаки, а также АХ комбинации планера и НВ на крейсерском режиме горизонтального полета. Используется метод конечных объемов на основе подхода URANS (Unsteady Reynolds-Averaged Navier Strokes Equations). Использована модель турбулентности k-ω sst. Применялась гибридная расчетная сетка, состоящая из расчётных зон, объединённых оверсетным интерфейсом. Предварительные исследования сеточной сходимости показали достаточность качества расчётной сетки и сеточного разрешения для решения поставленной задачи.

Продемонстрированы возможности применяемого метода, проведена его валидация и получен ряд новых данных, касающихся особенностей аэродинамики, исследуемых планера и НВ. Исследованы картины обтекания планера. Выявлены срывные и застойные области. Показано, что обтекание кормовой части фюзеляжа сопровождается образованием двух вихревых жгутов, оказывающих существенное влияние на хвостовое оперение. Обнаружено влияние местного числа Рейнольдса на АХ элементов планера вертолёта, таких как стойки шасси и колонка несущего винта. Для комбинации планера и НВ проведен расчёт режима горизонтального полета с учетом балансировки. Получены и проанализированы картины обтекания и АХ НВ в присутствии планера вертолёта, а также картины обтекания и АХ планера с учетом воздействия НВ. Сравнение результатов расчётов с доступными экспериментальными данными показало хорошее качественное и количественное совпадение.

Numerical modeling of aerodynamics for combination of helicopter airframe with coaxial main rotor based on the URANS method

Konstantinov S.G., Ignatkin Yu.M., Makeev P.V., Shomov A.I.
MAI, Moscow, Russia

The aerodynamic performance of airframe significantly affects the helicopter flight characteristics. Therefore, the choice of optimal airframe geometry and configuration, taking into account the interference between its individual elements and the influence of the main rotor (MR), is an important task.

For a long time, the solution of such problems has required complex and expensive experimental studies, especially when it has been necessary to model the aerodynamic characteristics of airframe with MR influence. Currently, the development of computer technology allows solving the problem of studying helicopter airframe aerodynamics, both for isolated MR and MR with fuselage using computational fluid dynamics (CFD) methods. This approach can supplement the results and reduce the cost of experimental study.

In presented work, the study of aerodynamic characteristics of isolated airframe of Ka-226 helicopter at various angles of attack, as well as aerodynamic characteristics of combination of airframe and MR at horizontal flight is carried out. The finite volume approach based on the URANS (Unsteady Reynolds-Averaged Navier Strokes Equations) method with the k-ω sst turbulence model has been used. A hybrid computational mesh consisting of few zones with overset interface has been used. Preliminary studies of mesh convergence have shown that its quality and resolution are sufficient to solve the task.

The possibilities of applied method are demonstrated, its validation is performed and a number of new data concerning the features of aerodynamics of airframe and MR are obtained. The flow structure around airframe is investigated. Disruptive and stagnant areas have been identified. It is shown that the flow around the aft part of fuselage is accompanied by formation of two vortex bundles with significant effect on the tail. The influence of local Reynolds number on amount of elements of helicopter airframe, such as landing gear and MR hub, has been found. For the combination of airframe and MR, the calculation of cruising flight mode, taking into account the trim, has been carried out. The flow structures and aerodynamic characteristics of the MR and the airframe taking into account the mutual interference are obtained and analyzed. The comparison of the calculation results with the available experimental data showed a good qualitative and quantitative coincidence.

Аналитический обзор методов рационального и оптимального проектирования конструктивно-анизотропных панелей ЛА из композиционных материалов

Корольский В.В., Гавва Л.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Авиастроительная промышленность требует снижения затрат на разработку и эксплуатацию авиационной техники в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Снижение веса планера за счет использования структурных резервов в композитных авиационных конструкциях способствует достижению этой цели, однако необходим точный и экспериментально подтвержденный анализ, моделирование напряжённо-деформированного состояния, прочности и устойчивости реальных конструкций в реальных условиях нагружения.

Основной целью является методология проектирования композитных подкреплённых панелей, которая позволяет использовать значительные резервы в многослойных композитных конструкциях. Перспективные исследования должны способствовать применимости методов анализа на основе уточнённой теории в проектировании [1].

Рассматриваются задачи рационального и оптимального проектирования плоской прямоугольной многослойной панели из полимерных композиционных материалов, обшивка которой эксцентрично подкреплена продольно-поперечным набором, и плоской прямоугольной гладкой панели, обладающей анизотропией вследствие несимметрии свойств структуры пакета по толщине. Условия закрепления граничных кромок произвольны и

соответствуют реальным условиям закрепления панели в составе проектируемой конструкции.

Проанализированы различные подходы к проблеме проектирования конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов, рассмотренные в работах представителей ведущих зарубежных и отечественных научных школ за период с 2000 г. по настоящее время.

Представляют интерес классификация и анализ основных направлений развития теории проектирования конструктивно-анизотропных композитных панелей, наиболее разработанные модели и уравнения. Дана классификация математических моделей, аналитических методов проектирования, численных методов проектирования. В обзоре приведены основные постановки задач проектирования, гипотезы, статико-геометрические модели, разрешающие уравнения, а также ограничения.

Задачи рационального проектирования сводятся к синтезу конструкции минимальной массы за счёт алгоритмов перебора проектных параметров при многокритериальном компьютерном проектировании. Варьируемые параметры в данном случае дискретны. В общем виде задачи рационального проектирования решаются путём полного перебора, сокращённого перебора или методом экспертной оценки.

Задачи оптимального проектирования сводятся к аналитическому решению в строгой математической постановке. В качестве целевой функции используется вес конструкции. На функцию накладываются ограничения: по прочности, по устойчивости конструкции, а также по технологичности. При исследовании целевой функции на условный экстремум в строгой математической постановке решения задач статики и устойчивости, построенные в рамках уточнённой теории, логично вводить в качестве строгих ограничений.

На основе обзора исследований проведён сравнительный анализ различных подходов к решению задач рационального и оптимального проектирования конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов.

Литература:

1. Митрофанов О.В. Проектирование несущих панелей авиационных конструкций по закритическому состоянию. –М.: Изд-во МАИ, 2020. -160 с.

Rational and optimal design methods for structurally anisotropic aircraft panels made of composite materials: analytical review

Korolskii V.V., Gavva L.M.
MAI, Moscow, Russia

The aircraft industry requires a reduction in the cost of aircraft developing and operating in both short and long term. Reducing the weight of the airframe due to the use of structural reserves in composite aircraft structures contributes to achieving this goal, however, accurate and experimentally confirmed analysis; modeling of the stress-strain state, strength and stability of real structures under real loading conditions are still necessary.

The main goal is the methodology of designing composite reinforced panels, which allows the use of significant reserves in multilayer composite structures. Prospective studies should contribute to the applicability of analysis methods based on a refined theory in design [1].

The problems of rational and optimal design of a flat rectangular multilayer panel made of polymer composite materials, the skin of which is eccentrically longitudinally- and transverse-stiffened, and a flat rectangular smooth panel with anisotropy due to the asymmetry of the package structure properties the throughout the thickness, are considered. The boundary conditions for fixing the free edges are arbitrary and they correspond to the actual conditions for fixing the panel as part of the designed structure.

Various approaches to the problem of structurally anisotropic composite panels design considered in the works of leading global and local scientific schools for the period from 2000 to the present are analyzed.

Classification and analysis of the main directions of structurally anisotropic composite panels design theory development, the most developed models and equations are of interest. The

classification of mathematical models, analytical design methods, and numerical design methods is given. The review presents the main statements of design problems, hypotheses, static-geometric models, resolving equations, as well as constraints.

The tasks of rational design are reduced to the synthesis of a minimum mass structure due to algorithms for design parameters searching in multi-criteria computer design. The variable parameters in this case are discrete. In general, rational design problems are solved by blind search, reduced search or by the method of expert evaluation.

Optimal design problems are reduced to an analytical solution in a strict mathematical formulation. The weight of the structure is used as the objective function. Restrictions in terms of strength, in terms of structural stability, as well as in terms of manufacturability are imposed on the function. When studying the objective function for a conditional extremum in a strict mathematical formulation, it is logical to introduce solutions to problems of statics and stability made within the framework of a refined theory as strict constraints.

Based on the research review, a comparative analysis of various approaches to solving the problems of rational and optimal design of structurally anisotropic panels made of composite materials is carried out.

Применение бережливого обслуживания 4.0 для авиационной промышленности

Корчагин А.А., Денискин Ю.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Для повышения качества услуг послепродажного обслуживания авиационной техники применяются различные подходы и методологии, такие как инструменты бережливого производства, технологии Индустрии 4.0, методология обслуживания, ориентированного на надежность и др.

Одним из таких подходов является «бережливое обслуживание», которое понимается как применение методов бережливого производства в процессах технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Концепция бережливого обслуживания направлена как на обеспечение требуемого уровня надежности авиационной техники, так и на снижение затрат на техническое обслуживание.

В связи со вступлением в эпоху четвертой промышленной революции возникает новый термин «бережливое обслуживание» 4.0, представляющее собой концепцию повышения эффективности процессов ТОиР за счет методов бережливого производства и технологий Индустрии 4.0, таких как Интернет вещей, виртуальная и дополненная реальность, облачные вычисления и др. В настоящей работе исследуются научно-методические вопросы, связанные с применением методологии бережливого обслуживания 4.0.

В результате выполненного исследования установлено, что для процесса ТОиР цифровые технологии Индустрии 4.0 значительно повышают эффективность целого ряда методов бережливого производства, таких как Точно-в-срок, Канбан, всеобщий уход за оборудованием (TPM) и др. В данной работе представлены результаты исследования по интеграции некоторых инструментов бережливого производства и Индустрии 4.0 для процессов ТОиР:

• Точно-в-срок 4.0.

Установлено, что с внедрением технологий Индустрии 4.0 поставка запасных частей для обслуживания становится более прозрачной, с сокращением времени выполнения заказа и большей гибкостью процесса. Цифровые технологии позволяют построить эффективную систему управления цепочкой поставок с обеспечением взаимодействий с поставщиками в режиме реального времени.

• Всеобщий уход за оборудованием (TPM) 4.0 для процесса ТОиР.

На наглядных примерах показано, что для поддержки операторов при осуществлении различных операций во время работ по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники целесообразно использовать дополненную реальность. Установлено, что использование датчиков позволяет отслеживать вибрацию, шум и температуру для помощи операторам обнаруживать отклонения в условиях работы до отказа.

Результатом настоящего исследования является новая методика применения концепции «бережливого обслуживания» 4.0, предоставляющая собой последовательность формализованных процедур, действий и способов устранения потерь и повышения производительности персонала, процессов и технологий на постпроизводственных стадиях жизненного цикла авиационной техники.

Lean Maintenance 4.0 implementation for aviation industry

Korchagin A.A., Deniskin Yu.I.
MAI, Moscow, Russia

There are various approaches and methodologies, which are used to improve the quality of aircraft's after-sales services, such as Lean manufacturing tools, Industry 4.0 technologies, Reliability-Centered maintenance (RCM) methodology and etc.

One of these approaches is Lean maintenance, which is understood as the implementation of Lean manufacturing methods in maintenance and repair (MRO) processes. The Lean Maintenance concept is aimed at both ensuring the required level of reliability of aviation equipment and reducing maintenance costs.

In connection with the entry into the era of the fourth industrial revolution, a new term "Lean Maintenance 4.0 is emerging, which is a concept of increasing the efficiency of maintenance and repair processes through lean manufacturing methods and Industry 4.0 technologies, such as the Internet of Things, virtual and augmented reality, cloud computing. and etc. This paper examines the scientific and methodological issues associated with the application of Lean Maintenance 4.0 methodology.

As a result of the study, it was found that for the MRO process, Industry 4.0 digital technologies significantly increase the efficiency of a number of Lean manufacturing methods, such as Just-in-Time, Kanban, Total Productive Maintenance (TPM) and etc. This paper presents the results of a study on integration of Lean manufacturing and Industry 4.0 tools for maintenance and repair processes:

• Just in time 4.0.

It was found that with the introduction of Industry 4.0 technologies, the supply of spare parts for maintenance process becomes more transparent with shorter lead times and more process flexibility. Digital technologies allow you to build an effective supply chain management system with real-time interactions with suppliers.

• Total Productive Maintenance (TPM) 4.0 for the MRO process.

The examples show that to support operators in performing various operations during maintenance and repair of aviation equipment, it is advisable to use augmented reality. The use of sensors has been found to track vibration, noise and temperature to help operators detect abnormalities in operating conditions to failure.

The result of this study is a new methodology for applying the concept of Lean Maintenance 4.0, which provides a sequence of formalized procedures, actions and ways to eliminate losses and increase the productivity of personnel, processes and technologies at the post-production stages of the life cycle of aircraft.

Универсальная аэродинамическая модель для оценки влияния обледенения на летные характеристики самолета

Левицкий А.В., Никуленко А.А., Николаев П.М., Юстус А.А.
ФГУП «ЦАГИ», г. Жуковский, Россия

Основой для исследования влияния обледенения на аэродинамические характеристики разрабатываемых летательных аппаратов являются испытания специализированных аэродинамических моделей в аэрохолодильной трубе. К таким моделям предъявляются специфические требования: точное соответствие аэродинамической профилировки исследуемого объекта, высокая чистота поверхности, соответствие материала модели материалу летательного аппарата, возможность проводить исследования в условиях отрицательных температур окружающего воздуха (до -35ºС) при заданной водности потока.

Наряду с этим, модель должна обеспечивать оперативное измерение образующихся на поверхности форм льда, а также моделировать работу противообледенительной системы (ПОС).

В работе описана конструкция модели, разработанная в соответствии со всеми предъявляемыми к ней требованиями. В спроектированной модели реализованы сменная носовая часть, а также внутренние отсеки для отработки различных по принципу работы вариантов ПОС. Возможность оперативного изменения формы носовой части и состава внутримодельного оборудования обуславливает универсальность применения модели для проведения исследований по оценке влияния льда и эффективности работы ПОС. Кроме этого, конструкция универсальной модели позволяет проводить измерения получаемых форм льда как методом шаблонов, так и методом бесконтактного трехмерного сканирования.

Разработанная модель позволяет провести полный спектр исследований влияния обледенения на аэродинамические характеристики, характеристики устойчивости и управляемости, в том числе с работающей ПОС для отработки аэродинамики перспективного регионального пассажирского самолета. Дополнительно, знание форм льда позволяет провести валидацию вычислительных программ оценки влияния обледенения и сравнить данные, получаемые в различных аэрохолодильных трубах при аналогичных условиях испытания.

Universal aerodynamic model for assessing the effect of icing on aircraft flight characteristics

Levitsky A.V., Nikulenko A.A., Nikolaev P.M., Ustus A.A.
TsAGI, Zhukovsky, Russia

The basis for studying the effect of icing on the aerodynamic characteristics of the developed aircraft is testing of specialized aerodynamic models in an icing wing tunnel. Specific requirements are imposed on such models: exact correspondence of the aerodynamic shape of the investigated object, high surface cleanliness, correspondence of the model material to the material of the aircraft, the ability to conduct research in conditions of negative ambient temperatures (up to -35°C) at a given flow water content.

Along with this, the model should provide an on-line measurement of ice shapes formed on the surface, as well as simulate the operation of the ice protection system (IPS).

The paper describes the design of the model, developed in accordance with all the requirements for it. The designed model implements a replaceable leading edge, as well as internal compartments for testing various IPS options according to the principle of operation. The ability to quickly change the shape of the leading edge and the set of the in-model equipment determines the versatility of using the model for conducting studies to assess the effect of ice and the effectiveness of the IPS. In addition, the design of the universal model makes it possible to measure the resulting ice shapes both by the method of templates and by the method of non-contact three-dimensional scanning.

The developed model makes it possible to carry out a full range of studies of the effect of icing on aerodynamic characteristics, stability and control characteristics, including with an operating IPS for testing the aerodynamics of a promising regional passenger aircraft. In addition, knowledge of ice shapes allows validation of computational programs for assessing the effect of icing and comparison of data obtained in different icing wind tunnels under similar test conditions.

Экспериментальное исследование характеристик электроприводов БПЛА

Луханин В.О.
МАИ, г. Москва, Россия

Для повышения энергетической эффективности и надёжности силовой установки электрического БПЛА, а также корректного предсказания его характеристик необходима точная математическая модель электродвигателя. В ряде публикаций [1-3] и в каталоге производителя [4] используется теоретическая модель, позволяющая получить характеристики двигателя по четырём параметрам: сопротивлению обмоток, току холостого хода, скоростной постоянной и КПД регулятора, однако сравнения этой модели с реальными данными не приводится.

Для определения характеристик электродвигателя необходимо измерить потребляемую им электрическую мощность при различных значениях оборотов и крутящего момента. Для загрузки по крутящему моменту была изготовлена крыльчатка, представляющая собой ступицу с двумя закреплёнными на концах дисками. Изменение загрузки двигателя обеспечивалось набором дисков различного диаметра. Измерения реактивного момента, оборотов, батарейного тока и напряжения производились с помощью тензодатчика, лазерного тахометра, бесконтактного амперметра и вольтметра соответственно.

Испытания проводились на стенде, выполненном в виде стержня с рычагом в центре и моторамой на конце. Стержень установлен на двух подшипниковых опорах, закреплённых на плите. Рычаг свободным концом опирается на тензодатчик. Двигатель устанавливается на мотораму, контроллер, аккумулятор, а также измерительные приборы закрепляются на опорной плите.

Измерения оборотов и тока на холостом ходу выявили несоответствие тока холостого хода и скоростной постоянной данным производителя. Подстановка данных производителя в рассматриваемую математическую модель приводит к значительному расхождению с экспериментом. Подстановка измеренного тока холостого хода и скоростной постоянной приводит к удовлетворительному совпадению с экспериментом, однако для более точных расчётов целесообразно использовать экспериментальные характеристики электропривода. Точная модель также может быть использована для вычисления крутящего момента по известным оборотам и электрической мощности без его непосредственного измерения, что особенно ценно в условиях лётного эксперимента.

1. Gur O., and Rosen, A., “Optimization of Propeller-Based Propulsion System,” Journal of Aircraft, Vol. 46, No. 1, Jan.–Feb. 2009, pp. 95–106.

2. Gur O., and Rosen, A., “Optimizing Electric Propulsion Systems for Unmanned Aerial Vehicles,” Journal of Aircraft, Vol. 46, No. 4, Jul.–Aug. 2009, pp. 1340–1352.

3. Noth A., Design of solar powered airplanes for continuous flight, for the degree of doctor of technical sciences, ETH Zurich, 2008, p. 32-34.

4. Maxon motor catalogue. 07/08 Program, Maxon Motor AG, CH-6072 Sachseln/OW.

Experimental study of the characteristics of UAV electric drives

Lukhanin V.O.

MAI, Moscow, Russia

To increase the energy efficiency and reliability of the power plant of an electric UAV, as well as the correct prediction of its characteristics, an accurate mathematical model of the electric motor is necessary. In a number of publications [1-3] and in the manufacturer's catalog [4], a theoretical model is used to obtain the characteristics of the motor according to four parameters: winding resistance, no-load current, speed constant and controller efficiency, but no comparison of this model with real data is given.

To determine the characteristics of an electric motor, it is necessary to measure the electrical power consumed by it at different values of revolutions and torque. For torque loading, an impeller was made, which is a hub with two disks fixed at the ends. Changing the engine load was provided by a set of disks of different diameters. The torque, revolutions, battery current and voltage were measured using a load cell, a contactless tachometer, a contactless ammeter and a voltmeter, respectively.

The tests were carried out on a stand made in the form of a rod with a lever in the center and a motor frame at the end. The rod is mounted on two bearing supports fixed on the plate. The lever rests with the free end on the load cell. The motor is mounted on the motor frame, controller, battery, as well as measuring instruments are fixed on the base plate.

Measurements of revolutions and idling current revealed a discrepancy between the no-load current and the speed constant according to the manufacturer. Substituting the manufacturer's data into the mathematical model under consideration leads to a significant discrepancy with the experiment. Substitution of the measured no-load current and the speed constant leads to a satisfactory agreement with the experiment, however, for more accurate calculations it is advisable to use the experimental characteristics of the electric drive. The exact model can also be used to calculate the torque from

known revolutions and electrical power without directly measuring it, which is especially valuable in a flight experiment.

1. Gur O., and Rosen, A., “Optimization of Propeller-Based Propulsion System,” Journal of Aircraft, Vol. 46, No. 1, Jan.–Feb. 2009, pp. 95–106.

2. Gur O., and Rosen, A., “Optimizing Electric Propulsion Systems for Unmanned Aerial Vehicles,” Journal of Aircraft, Vol. 46, No. 4, Jul.–Aug. 2009, pp. 1340–1352.

3. Noth A., Design of solar powered airplanes for continuous flight, for the s, ETH Zurich, 2008, p. 32-34.

4. Maxon motor catalogue. 07/08 Program, Maxon Motor AG, CH-6072 Sachseln/OW.

Численное моделирование аэродинамических характеристик соосного несущего винта на вертикальном снижении в области режимов «вихревого кольца»

Макеев П.В., Шомов А.И., Игнаткин Ю.М.

МАИ, г. Москва, Россия

Полет вертолета на режимах снижения, сопряжен с возможностью попадания несущего винта в особые режимы работы – режимы «вихревого кольца», возникающие при вертикальном и крутом снижении с малыми скоростями. В ходе летных испытаний при попадании несущего винта в область режимов «вихревого кольца» отмечают ряд негативных эффектов, таких как: резкая потеря высоты, рост потребной мощности, высокий уровень вибраций, затрудненное управление вертолетом и др. Все указанные явления имеют непосредственное отношение к безопасности полета вертолета, поэтому границы режимов "вихревого кольца" несущего винта включаются в руководство по летной эксплуатации вертолета как особая, опасная для полетов область.

В ходе экспериментальных и расчетных исследований область режимов «вихревого кольца» определяется по ряду признаков, таких как: рост потребляемой несущим винтом мощности при сохранении постоянной тяги, падение тяги при фиксированном шаге лопастей винта, пульсации тяги и крутящего момента, а также характерные формы вихревого следа и картины обтекания несущего винта. Существует ряд экспериментальных и расчетных работ в которых исследованы характеристики натурных и модельных винтов на режимах «вихревого кольца». При этом подавляющее большинство таких работ рассматривает одиночные винты и лишь малая часть посвящена двухвинтовым схемам, в том числе соосной схеме.

В представленной работе на базе разработанной авторами нелинейной вихревой модели, выполнены расчетные исследования аэродинамических характеристик соосного несущего винта вертолета Ка-32 [1]. Рассмотрены режимы висения и вертикального снижения с малыми скоростями в диапазоне скоростей Vy = 0–32 м/с. Расчеты выполнены при фиксированной средней по времени суммарной тяге несущего винта и балансировке верхнего и нижнего винтов по величине крутящего момента, что достигается подбором соответствующих улов установки лопастей. Проанализированы картины визуализации свободного нелинейного вихревого следа, картины обтекания винта при помощи линий тока и эпюры индуктивных скоростей. Рассчитаны зависимости коэффициентов тяги и крутящего момента винта по времени. Проанализированы границы режимов "вихревого кольца" по ряду признаков. Проведено сопоставление результатов расчетов с экспериментальными и расчетными данными других авторов.

Литература:

1. P. V. Makeev et al, Numerical investigation of full scale coaxial main rotor aerodynamics in hover and vertical descent, Chinese Journal of Aeronautics, Volume 34, Issue 5, 2021, pp. 666-683. https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.12.011

Numerical study of coaxial main rotor aerodynamics in vertical descent including vortex ring state modes area

Makeev P.V., Shomov A.I., Ignatkin Yu.M.
MAI, Moscow, Russia

Helicopter flight in descending modes is associated with the possibility of the main rotor (MR) falling into the vortex ring state (VRS) modes area that occur during vertical and steep descent at low speeds. During flight tests when the helicopter enters the VRS area a number of negative effects are noted, such as: MR thrust drop, a loss of altitude, an increase in the required power, a high level of vibrations, temporary loss of helicopter control, etc. All these phenomena are directly related to the safety of helicopter flight. Therefore, the boundaries of the VRS modes are included in the flight operation manual of the helicopter as a special, dangerous area for flights.

In the experimental and computational studies, the boundaries of the VRS modes area are determined by a number of features, such as: an increase in the power consumed by the MR while maintaining a constant thrust, a drop in thrust at a fixed blade pitch angles of the MR, pulsations of thrust and torque of the MR, as well as characteristic vortex wake shapes and flow structures. There is a number of experimental and computational works in which the characteristics of full-scale and model-scale rotors are studied in the VRS modes. At the same time, the most of such works consider single MR and only a small part of these works are dedicated to double-rotor scheme, including a coaxial rotor.

In the presented work, on the basis of the original free wake model developed by the authors, computational studies of the Ka-32 coaxial rotor helicopter aerodynamics have been performed [1]. The modes of hovering and vertical descent in the range of Vy = 0-32 m/s are considered. The calculations have been performed with a fixed time-averaged total thrust of the MR and torque-balanced upper and lower rotors, which is achieved by selecting the appropriate blade pitch angles. The visualizations of free vortex wake shapes, structures of flow around the rotor using airflow lines and induced velocity fields have been obtained and analyzed. The time dependences of the rotor thrust and torque coefficients are calculated. The boundaries of VRS modes are analyzed for a number of features. The results of calculations are compared with experimental and calculated data of the other authors.

References:

1. P. V. Makeev et al, Numerical investigation of full scale coaxial main rotor aerodynamics in hover and vertical descent, Chinese Journal of Aeronautics, Volume 34, Issue 5, 2021, pp. 666-683. https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.12.011

Создание базы знаний для функционирования экспертной системы

Мандраков Е.С., Дудина Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Технологии и бизнес продолжают свое стремительное развитие. Системы менеджмента качества применимы в огромном количестве сфер деятельности и также не перестают развиваться. На протяжении многих лет, предприятия с внедренной системой качества используют различного рода информационные средства, с целью повышения качества продукции, услуг и процессов. В ходе цифровой трансформации бизнеса и систем менеджмента качества, количество применяемых технологий растет, вместе с новыми подходами к их использованию.

Системы искусственного интеллекта постепенно разрабатываются и находят свое место в СМК. Частный случай подобных систем – экспертные системы. Они позволяют автоматизировать рутинные операции специалиста человека, тем самом увеличивая скорость принятия решений по вопросам в той или иной сфере. Подобные системы возможно применить и в управлении качеством. Любая экспертная система базируется на базах знаний, которые представляют из себя особые хранилища данных, с множеством внутренних правил и взаимосвязей, служащие для обеспечения организации актуальными знаниями. Подобные базы необходимы для функционирования экспертной системы, так как именно в ней будет происходить поиск ответа на тот или иной вопрос. Касательно систем менеджмента качества:

на данный момент одним из требований международного стандарта ISO 9001 является «обнаружение, хранение, систематизация и применение знаний». В связи с чем многие знания организации уже формализовали свои знания, что создаст благоприятную почву для построения баз знаний.

Формирование базы знаний включает в себя следующие этапы: описание предметной области, выбор модели представления знаний и получение знаний. При описании предметной области определяются первичные «границы» базы, то есть определяется область применения, взаимосвязи и решаемые экспертной системой задачи. Эти «границы», могут манятся, так как база имеет возможность ее пополнения и адаптирования под разные ситуации. Модель предоставления знаний должна содержать описание этапов принятие решения, то есть как экспертная системы пришла к итоговому выводу. Не достаточно вывести на экран ответ, специалисту будет куда удобнее если он сможет проследить логику работу системы. После следует один из наиболее сложных процессов — это обнаружение знаний организации и их занесение в базу. Знания не всегда расположены в удобных и доступных местах, но, когда специалистам удастся их зафиксировать можно будет перейти к завершению создание базы знаний.

Creating a knowledge base for expert system functioning

Mandrakov E.S., Dudina D.A.
MAI, Moscow, Russia

Technology and business continue to evolve rapidly. Quality management systems are applicable in a huge number of areas of activity and also do not stop developing. For many years, enterprises with an implemented quality system have been using various kinds of information tools in order to improve the quality of products, services and processes. In the course of the digital transformation of business and quality management systems, the number of technologies used is growing, along with new approaches to their use.

Artificial intelligence systems are gradually being developed and find their place in the QMS. A special case of such systems is expert systems. They allow you to automate the routine operations of a human specialist, thereby increasing the speed of decision-making on issues in a particular area. Similar systems can be applied in quality management. Any expert system is based on knowledge bases, which are special data storages, with many internal rules and relationships that serve to provide the organization with up-to-date knowledge. Such bases are necessary for the functioning of the expert system, since it is in it that the search for an answer to this or that question will take place. With regard to quality management systems: at the moment one of the requirements of the international standard ISO 9001 is "discovery, storage, systematization and application of knowledge." In this connection, many of the organization's knowledge has already formalized its knowledge, which will create a fertile ground for building knowledge bases.

The formation of the knowledge base includes the following stages: description of the subject area, choice of a knowledge representation model and knowledge acquisition. When describing the subject area, the primary "boundaries" of the base are determined, that is, the scope, interrelationships and tasks solved by the expert system are determined. These "boundaries" can be tempted, since the base has the ability to replenish it and adapt it to different situations. The knowledge provision model should contain a description of the decision-making stages, that is, how the expert system came to the final conclusion. It is not enough to display the answer, the specialist will be much more convenient if he can trace the logic of the system operation. This is followed by one of the most complex processes - this is the discovery of the organization's knowledge and their entry into the database. Knowledge is not always located in convenient and accessible places, but when specialists succeed in fixing it, it will be possible to proceed to the completion of the creation of the knowledge base.

Адаптивное управление движением ЛА на основе оперативно получаемых в полете данных

Мбикаи Зое, Тюменцев Ю.В., Ефремов А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Современные достижения в области информационных технологий и машинного обучения привели к появлению новых методов в теории управления, в том числе методов управления полетом.

Существующие средства компьютерного моделирования позволяют получить данные, требуемые для синтеза законов управления с использованием этих методов, а также для формирования соответствующих моделей объектов управления.

Методы традиционной теории управления основаны на использовании точной модели, описывающей динамику объекта управления. Без такой модели синтез закона управления невозможен. При этом закон управления, полученный с использованием данной модели, не может быть использован для какого-либо другого объекта управления.

В противоположность этому, методы, основанные на оперативно получаемых в полете данных о состоянии объекта управления, позволяют получить алгоритмы управления движением, не привязанные жестко к конкретному объекту управления. При этом требуется лишь минимальный объем знаний о рассматриваемом объекте. Данные, необходимые для синтеза и оперативной корректировки закона управления, получаются как оценки текущего состояния объекта.

Один из вариантов такого является предметом исследования, рассмотренного в настоящей работе. Он состоит из двух процедур, выполняемых последовательно. Первая из них обеспечивает решение задачи идентификации для рассматриваемого объекта управления на основе оперативно получаемых оценок состояния этого объекта. Результатом исполнения данной процедуры является приближенная модель движения объекта управления, которая используется в следующей процедуре для синтеза закона управления. Важным фактором при таком подходе является то, что синтез выполняется для данных реального объекта в реальных условиях его функционирования. Это дает возможность, в том числе оперативно, реагировать на изменения в свойствах объекта управления, например, вследствие отказов оборудования или повреждений конструкции. Другими словами, рассматриваемый алгоритм управления является адаптивным.

Рассматриваемый подход к синтезу законов управления может быть успешно применен как для линейных, так и для нелинейных объектов, включая летательные аппараты различных классов.

При этом для его реализации не требуется точное знание динамики объекта управления, однако необходимо уметь с достаточно высокой точностью решать задачу оперативного оценивания текущего состояния этого объекта. В работе демонстрируется работоспособность предложенного подхода.

Статья подготовлена в рамках Программы развития Исследовательского центра мирового уровня “Сверхзвук” на 2020-2025 годы, финансируемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение от 16 ноября 2020 г. № 075-15-2020-924)

Data-driven adaptive flight control

Mbikayi Zoe, Tiumentsev Yu.V., Efremov A.V.
MAI, Moscow, Russia

The current advances in data science and machine learning gave rise to a generation of new methods in control theory in general and flight control in particular. These methods take advantage of simulation environments to generate data that can be used to build models or synthesize control systems.

Traditionally, it is necessary to have a sound understanding of the dynamics of the plant that needs to be controlled before starting the design process. And the resulting control algorithm cannot be applied to new plant.

In contrast, the working mechanisms of data-driven approaches suggest that algorithms can be designed such that there is transferability of algorithms between different dynamical plants, and only a minimal understanding of the plant in question is needed.

One of these methods is the subject of the study considered in this paper. It consists of two procedures performed sequentially. The first part makes the approximation of the mathematical model of the plant based on the data received online. the second part synthesizes a control system based on the approximated model. The first apparent benefit of the method is that it uses the data from the control object in the operational conditions rather than a model computed offline. The approximation being done online, the method can catch any drastic changes that might occur in the dynamics of the plant. This provides robustness to the control system by making it adaptive.

The considered approach to the synthesis of control laws can be successfully applied for both linear and nonlinear objects, including aircraft of various classes. Additionally, its implementation does not require accurate knowledge of the dynamics of the control object, but it is necessary to be able to solve the problem of on-line state estimation with sufficiently high accuracy. This paper demonstrates the efficiency of the proposed approach.

The paper is prepared in the framework of the Program for Development of a World-Class Research Center “Supersonic” in 2020-2025 funded by the Russian Ministry of Science and Higher Education (Agreement dated 16 Nov 2020, № 075-15-2020-924)

Оценка ресурса конструктивных решений окантовок фюзеляжа в зоне выреза под люк

Павельчук М.В., Болдырев А.В.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Оценка ресурса силовой конструкции является актуальной задачей на ранних стадиях проектирования современной авиационной техники.

Цель работы − оценить расчётный безопасный ресурс элементов конструкции окантовок фюзеляжа в зоне большого выреза при отработке новых конструктивных решений с использованием конечно-элементных моделей. На весовую эффективность при проектировании фюзеляжа в данной зоне влияет выбор силовой схемы конструкции (ССК).

Рассматривается модельная задача проектирования ССК отсека фюзеляжа самолёта в зоне выреза под люк с учётом двух случаев нагружения – «внутреннее избыточное давление» и «кручение отсека». При отработке новых конструктивных решений [1] исследуются следующие ССК: традиционное техническое решение с продольными бимсами, решение с пространственной рамой в зоне выреза, новое техническое решение с внутренними панелями, расположенными в углах выреза.

Оценка безопасного ресурса и усталостной долговечности выполнена по расчётным формулам пошаговой методики [2, с. 100−105]. Применение этой методики позволяет существенно упростить расчёты и повысить точность их оценки на ранних стадиях проектирования.

Критериями оценки эффективности окантовки приняты коэффициент концентрации напряжений на контуре выреза и критерий весовой эффективности выреза в оболочке − отношение дополнительной массы материала для компенсации выреза к массе вырезанного материала [3].

Выполняется оценка ресурса для исследуемых вариантов ССК на контуре выреза с учётом физической нелинейности материала для принятых решений по рациональной форме окантовки выреза в обшивке с учётом подобранных толщин подкрепляющих их накладок в среде системы NASTRAN. Оценивается достоверность математических моделей, используемых в исследовании. Сравниваются результаты линейного и нелинейного статического анализа конструкций.

Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие выводы. Установлено, что новое техническое решение ССК в зоне выреза, полученное в процессе топологической оптимизации, позволяет снизить массу материала для компенсации выреза на 17% при сохранении ресурса исходной конструкции. Отмечается, что учёт нелинейного поведения конструкции позволяет повысить оценку ресурса в среднем на 8,1 %.

Таким образом, проведённое исследование продемонстрировало возможность оценки ресурса окантовок фюзеляжа в зоне большого выреза под люк с учётом нелинейных эффектов на ранних стадиях проектирования.

Литература:

1. Болдырев А.В., Павельчук М.В. Проектирование фюзеляжа в зоне выреза под люк с учётом нелинейных эффектов // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сб. тезис. докл. XIII Междунар. науч.-технич. конф., посвящ. 50-летию МГТУ ГА, 25−26 мая 2021 г. М.: ИД Академии Жуковского, 2021. С. 148-150.

2. Стрижиус В.Е. Методы расчёта усталостной долговечности элементов авиаконструкций. М.: Машиностроение. 2012. 272 с.

3. Болдырев А.В., Комаров В.А. Проектирование силовой схемы фюзеляжа самолёта в зоне большого выреза // Полёт. 2016. № 8−9. С. 21–26.

Service life estimation the fuselage frame structural solutions in the hatch cutout zone

Pavelchuk M.V., Boldyrev A.V.

Samara University, Samara, Russia

An estimation a service life a load-carrying structure is actual task at the early design stages of modern aircraft engineering.

Aim of the work to estimate the calculated safe a service life the fuselage frame structural elements in the large cutout zone at the development new constructive solutions using finite-element models. Choice the structural layout construction in this region will affect on weight efficiency at the fuselage designing.

A model problem of designing the structural layout construction an aircraft fuselage compartment in the hatch cutout zone, taking into account two loading cases − «internal overpressure» and «compartment torsion» are considering. At simulating new constructive solutions [1], the following structural layout construction are investigated: a traditional engineering solution with longitudinal beams, the engineering solution with tree-dimensional frame around cutout, a new engineering solution with inner panels located in the cutout corners.

An estimation safe a service life and fatigue life performed by calculation formulas step-by-step method [2, p. 100−105]. Using this technique allows to simplify calculations significantly and increase accuracy its estimation at the early design stages.

The criteria for estimation efficiency frame around cutout are accepted a stress concentration factor on a cutout contour, but the criterion weight efficiency cutout in shell − the ratio of additional mass material to compensate the cutout to the mass deleted material [3].

The estimation a service life is performed for investigated variants the structural layouts construction on a cutout contour, taking into account a physical nonlinearity a material, for made decisions a rational form a frame around cutout in skin, taking into account the selected thicknesses the reinforcing its doublers on inside surface skin in the NASTRAN system environment. The validity mathematical models is estimated, used in research. The results of linear and nonlinear static analysis structures are compared.

Received results of research allow to draw the following conclusions. It established that a new engineering solution the structural layout construction in the region of cutout, found in the process topological optimization, allows to reduce the mass material to compensate the cutout by 17% while preserving a service life the original structure. It is noted that, taking into account the nonlinear structure behavior, allows to increase a service life estimation an average of 8,1%.

Thus, the carried out research had demonstrated the possibility a service life estimation the fuselage frames around cutout in the region of hatch large cutout, taking into account the nonlinear effects at the early design stages.

References:

1. Boldyrev A.V., Pavelchuk M.V. The fuselage designing in the hatch cutout zone, taking into account the nonlinear effects // Civil aviation at present stage of development the science, engineering and society: book of abstracts XIII Int. scientific and technical conf., dedicated to the 50th

anniversary MSTU GA, May 25−26, 2021. Moscow: Publishing House of the Zhukovsky Academy. Pp. 148−150.
2. Strizhius V.E. Methods for calculating the fatigue life of aircraft elements. Moscow: Mechanical engineering. 2012. 272 p.
3. Boldyrev A.V., Komarov V.A. The aircraft fuselage structural layout designing in the region of large cutout // Polyot. 2016. No 8−9. P. 21–26.

Ресурсные испытания беспилотных авиационных систем

Парфентий А.П., Шибаев В.М.
ЦАГИ, г. Жуковский, Россия

В последнее время в ЦАГИ для выполнения процедуры сертификации беспилотных авиационных систем (БАС) накоплен большой опыт разработки сертификационных базисов, специальных технических условий и методов определения соответствия. Кроме того, разработан проект ГОСТ «Беспилотные воздушные суда самолетного типа. Требования к летной годности». Во всех этих документах с целью обеспечения безопасности полетов указывается на необходимость демонстрации при сертификации выполнения ресурсных испытаний. В, частности, в проекте ГОСТ предлагается определение ресурса БАС по усталостной прочности, а также проектирование и изготовление конструктивных элементов БАС, разрушение которых может привести к аварийной ситуации, осуществлять на основе следующих положений:

• Испытаниями или расчетом, подкрепленным результатами испытаний, должно быть показано, что конструкция способна выдерживать переменные эксплуатационные нагрузки в пределах установленного безопасного ресурса;

• Испытаниями или расчетно-экспериментальным способом должно быть показано, что катастрофическое разрушение конструкции вследствие усталостного повреждения или частичное разрушение наиболее нагруженного силового конструктивного элемента в течение установленного ресурса является невероятным событием.

В настоящих тезисах рассмотрен подход к решению задачи создания стенда для проведения сертификационных ресурсных испытаний БАС весом до 1000 кг. Стенд состоит из робота, ключевыми элементами которого является 3-осная центральная рука с установочным фланцем, 3-осный манипулятор с расположенными на нем двигателями, и управляющей измерительной системы, предназначенной для задания (регистрации) перегрузок. Научно-методическое обеспечение по формированию блока полетных нагрузок в перегрузках, а также методика определения напряжений в критических по усталости конструктивных элементах отработаны на примере исследования ресурса установочного фланца робота с закрепленным на нем тестовым грузом. Испытательный стенд позволит решить задачу проведения по фактическим эксплуатационным переменным нагрузкам ресурсных испытаний БАС со значительным снижением трудоемкости испытаний и сокращением сроков их проведения.

Список литературы

2 Бюшгенс А.Г. Оценка безопасного срока службы тренажера пространственной дезориентации на основе анализа усталостной прочности и безопасности повреждения конструктивных элементов / Бюшгенс А.Г., Городниченко В.И., Десятник П.А., Овсянников М.О., Шибаев В.М., Студнев С.Р. // Проблемы безопасности полетов. – 2020. - № 12. – С. 3-11.

Endurance tests of Unmanned Aircraft Systems (UAS)

Parfentiy A.P., Shibaev V.M.
TsAGI, Zhukovsky, Russia

Recently in TsAGI a wide experience of developing certified bases, special technical regulations and means of compliance was accumulated to perform the procedure of UAS type certification. Besides, the GOST project named «Unmanned aircraft of aeroplane type. Airworthiness requirements» was developed. In all these documents, to ensure flight operation safety, the necessity of demonstrating the type certification of endurance test procedure is emphasized. In particular, the

GOST project suggests to define the UAS fatigue limit and to design and manufacture UAS structural elements, the destruction of which can lead to an emergency. It is performed on the basis of the following statements:

• Tests or calculations, reinforced by the results of tests, should show that the structure is capable to endure variable operating loads within the established safe service life;

• By means of tests, calculations or measurements it must be shown that the catastrophic structural breakup, as a result of fatigue damage or partial destruction of the most loaded element of the carrying structure during the established service life, is an improbable event.

This paper considers the approach to solving the task of making a test bench to perform endurance certification tests for the UAS of less than 1000 kgs. The bench consists of a robot, the key elements of which are a three-axis central arm with an adjusting flange, a three-axis hinge arm with the engines mounted on it, and a controlling measuring system intended for assigning (recording) g-loads. The methodological support to form the bank of flight loads in g-loads, and also the method of defining stresses in fatigue critical structural elements were practiced on the example of examining the adjusting flange endurance of the robot with the test weight mounted on it [1]. The test bench will allow to solve the task of performing UAS endurance tests with the actual variable operational loads and with the significant reduction of labour intensity during the tests and the period of test performance.

Анализ вибрационного состояния установки

Петрова Е.Н., Сальников А.Ф., Пшеничный В.В.
ПНИПУ, г. Пермь, Россия

Проблема снижения затрат при проведении ресурсных, приемо-сдаточных и технологических испытаний главных редукторов является актуальной задачей для любого предприятия авиационной отрасли.

При проектировании и отработке перспективных изделий обычно присутствуют новые элементы, которые вводятся с целью улучшения его характеристик, получения более высоких эксплуатационных качеств изделия или решения конкретных тактических задач. Эти элементы и конструктивные решения отличаются определенной новизной и требуют научного предвидения, основанного на изучение протекающих динамических процессов.

Цель данного исследования направлена на выявление и принятие определенных решений, позволяющих устранить или снизить негативное действие конструкторско-технологических решений, которые выявляются лишь на стадии стендовых испытаний. Научное направление, основанное на накопленном опыте создания подобной техники, расчете и экспериментальных исследованиях, способствует минимизации затрат на создание и освоение новой техники. Разработанная и изготовленная Установка СТ620 предназначена для испытания входного редуктора Э620-1601-000 и главного вала СТ620-1601-050. Объекты испытания являются прототипами критических элементов разрабатываемого главного редуктора ВР-62, поэтому к ним предъявляются особые требования.

На первом этапе вибродиагностического контроля проведены исследования по определению собственных частот основных конструктивных элементов установки.

На втором этапе вибродиагностического контроля проведены исследования по уровню вибрации при технологических режимах его работы. В силу ограниченности циклов испытаний и проведения требуемого числа замеров, необходимых для наиболее полного анализа работы установки, количество направлений при замере было упразднено. Так при замерах вибронагруженности фундамента и рамы направление осей было принято, только вертикальное.

Кроме того, проведены исследования по определению частотных характеристик в точках замера установки. Исследования проводились при технологических режимах работы установки.

Расчетные методы оценки модальных характеристик элементной базы можно использовать для анализа влияния массо-жесткостных характеристик на динамическое поведение элементов установки.

Литература:
1. Пшеничный В.В., Сальников А.Ф. Влияние динамики стенда на вертолетный редуктор при стендовых испытаниях// В книге: Авиакосмические технологии (АКТ-2018) Тезисы XIX Международной научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. 2018. С. 148-150.
2. Petrova E.N., Salnikov A.F GAS-DYNAMIC MODELING OF GAS FLOW IN SEMI-CLOSED SPACE INCLUDING CHANNEL SURFACE FLUCTUATION.// AIP Conference Proceedings 18. Сер. "International Conference on the Methods of Aerophysical Research, ICMAR 2016: Proceedings of the 18th International Conference on the Methods of Aerophysical Research" 2016. С. 030071.

Analysis of the vibration state of the unit

Petrova E.N., Salnikov A.F., Pshenichny V.V.
PNRPU, Perm, Russia

The problem of cost cutting during lifetime, approval and technological tests of the main gearboxes is a critical task for any organization in the aviation industry.

The design and testing of advanced products usually include new elements that are introduced in order to improve its characteristics, obtain higher product performance or solve specific tactical problems. These elements and design solutions are characterized by a certain novelty and require scientific foresight, based on the study of ongoing dynamic processes.

The purpose of this study is to identify and make certain solutions that eliminate or reduce the negative effects of design and technological solutions, which can be identified only at the stage of bench tests. Scientific direction, based on the accumulated experience of creating similar equipment, calculation and experimental research, contributes to minimize the cost of creating and mastering new equipment. Developed and manufactured Unit ST620 is designed to test the input gearbox E620-1601-000 and the main shaft ST620-1601-050. The test objects are prototypes of critical elements of the main gearbox VR-62 under development, so special requirements are imposed on them.

At the first stage of vibrodiagnostic control, studies were carried out to determine the natural frequencies of the main structural elements of the unit.

At the second stage of vibrodiagnostic control, the research on the vibration level during the technological modes of its operation was carried out. Due to the limited test cycles and the required number of measurements needed for the most complete analysis of the unit performance, the number of directions in the measurement was eliminated. So when measuring the vibration load of the foundation and the frame, only vertical direction of the axes was taken.

In addition, studies were carried out to determine the frequency characteristics at the measurement points of the unit. The studies were carried out under the technological modes of the unit operation.

Computational methods for estimating the modal characteristics of the element base can be used to analyze the effect of mass-stiffness characteristics on the dynamic behavior of unit elements.

Оценка несущей способности составной конструкции самолета, состоящей из металлополимерного композиционного материала и классического металла

Печенюк В.С., Попов Ю.И.
МАИ, г. Москва, Россия

В современных условиях все шире применяются новые конструкционные материалы, обеспечивающие высокие несущую способность, прочность, весовую эффективность и низкую стоимость разрабатываемых конструкций изделий авиационной техники. В первую очередь, это перспективные полимерные композиционные материалы (ПКМ), а также сплавы металлов нового поколения. Однако, есть еще один вид конструкционного материла, получивший достаточно широкое применение в конструкции планера самолета как один из основных материалов – это металлополимерный композиционный материал (МПКМ). МПКМ состоит из чередующихся тонких металлических листов из алюминиевых или титановых сплавов с двухслойными прослойками из стеклопластиковых или углепластиковых препрегов между металлических листов. МПКМ обладает почти всеми преимуществами металлов и

ПКМ, в том числе хорошая пластичность, ударопрочность, обрабатываемость, низкая плотность, огнеупорность и отличная усталостные свойства [1]. В данной статье составными конструкциями называются конструкции агрегатов планера, состоящие из разных материалов. Например, лонжерон крыла из металлического сплава и присоединенная к ней обшивка панели из МПКМ [2]. Вопросы проектирования и расчета напряженно-деформированного состояния составных конструкций изложены в [3] [4] [5] [6] [7].

Литература:

1. Wu G.C., Yang J.M. The mechanical behavior of GLARE laminates for aircraft structures // Failure in Structural Materials. 2005.

2. Печенюк В.С., Попов Ю.И. Концептуальное проектирование конструкции крыла или фюзеляжа магистрального самолета из металлополимерных композиционных материалов // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника, № 64, 2021. С. 74-82.

3. Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов. М.: Физматлит, 2013.

4. Попов Ю.И., Резниченко В.И. Проектирование и изготовление узлов и деталей планера самолета из композиционных материалов. М.: Издательство МАИ, 1994.

5. Костров В.И., Туркин И.К. Расчет элементов деформируемых конструкций: учебное пособие. М.: МАИ, 2002.

6. Туркин И.К. Проектирование элементов конструкций ЛА с использованием композиционных материалов. М.: МАИ, 1996.

7. Попов Ю.И., Кравченко Г.Н., Казанцев В.В. Оценка несущей способности составной конструкции самолета из металла и композита // Полет, № 4, 2020. С. 43-51.

Assessment of the load-bearing capacity of a composite aircraft structure consisting of a metal-polymer composite material and a classical metal

Pechenyuk V.S., Popov Yu.I.

MAI, Moscow, Russia

In modern conditions, new structural materials are increasingly being used, providing high load-bearing capacity, strength, weight efficiency and low cost of the developed designs of aircraft products. First of all, these are promising polymer composite materials (PCM), as well as metal alloys of a new generation. However, there is another type of structural material that has been widely used in the design of an airplane airframe as one of the main materials - this is a metal-polymer composite material (MPCM). MPCM consists of alternating thin metal sheets made of aluminum or titanium alloys with two-layer interlayers of fiberglass or carbon fiber prepregs between metal sheets. MPCM has almost all the advantages of metals and PCM, including good ductility, impact resistance, machinability, low density, fire resistance and excellent fatigue properties [1]. In this article, composite structures are called airframe assembly structures consisting of different materials. For example, the wing spar is made of metal alloy and the panel covering made of MPCM attached to it [2]. The issues of designing and calculating the stress-strain state of composite structures are set out in [3] [4] [5] [6] [7].

References:

1. Wu G.C., Yang J.M. The mechanical behavior of GLARE laminates for aircraft structures // Failure in Structural Materials. 2005.

2. Pechenyuk V.S., Popov Yu.I. Conceptual design of a wing or fuselage structure of a mainline aircraft made of metal-polymer composite materials // Bulletin of PNRPU. Aerospace engineering, No. 64, 2021. C. 74-82.

3. Grishin I. V., Dzyuba, A. S., Y. I. Dudarkov the Strength and stability of the elements and compounds of structures made of composites. M.: Fizmatlit, 2013.

4. Popov, Y. I., Reznichenko V. I. Design and manufacture of components and parts of the airframe of composite materials. M.: publishing house of the Moscow aviation Institute, 1994.

5. Kostrov, V. I., Turkin I. K. calculation of the elements of deformable structures: a tutorial. Moscow: MAI, 2002.

6. Turkin I. K. Design of structural elements LA, using composite materials. Moscow: MAI, 1996.

7. Popov I. Yu., Kravchenko G. N., Kazantsev, V. V. Assessment of the bearing capacity of the composite structure of the aircraft of metal and composite // Flight, No. 4, 2020. pp. 43-51.

Оценка несущей способности составной конструкции самолета из металла и композита

Печенюк В.С., Попов Ю.И.
МАИ, г. Москва, Россия

В современных условиях все шире применяются новые конструкционные материалы, обеспечивающие высокие несущую способность, прочность, весовую эффективность и экономическую целесообразность конструкций машин. Прежде всего, это перспективные полимерные композиционные материалы (ПКМ) и их сочетания с высокопрочными металлическими сплавами. В данной статье составными называем конструкции, у которых элементы выполнены из разных материалов, например, такие, как лонжерон из металла с накладкой из композиционного материала, лонжерон с присоединенной панелью из ПКМ. К составным конструкциям относятся также металлополимерные композиционные материалы типа СИАЛ, представляющие собой слоистую пластину, образованную чередующимися тонкими листами из алюминиевых или других сплавов и слоями из композиционных препрегов. Вопросы проектирования и расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) составных конструкций изложены в [1] [2] [3] [4].

Рассмотрена методика расчета НДС и разрушающей нагрузки для двух конструктивных вариантов составного пояса лонжерона, работающего в зоне растяжения:

Вариант I: металл + ПКМ. Считаем, что сначала спроектирован пояс лонжерона, выполненный из металла, для которого определена толщина. Затем для повышения его несущей способности к поясу лонжерона с внешней стороны присоединяется элемент из ПКМ разных марок.

Вариант II: ПКМ + металл. Первоначально спроектирован пояс лонжерона, только из ПКМ, для которого определена его толщина. Затем с внешней стороны в целях создания составного пояса лонжерона с увеличенной несущей способностью присоединяется элемент из металла разных марок.

Литература:

1. Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов. М.: Физматлит, 2013.

2. Попов Ю.И., Резниченко В.И. Проектирование и изготовление узлов и деталей планера самолета из композиционных материалов. М.: Издательство МАИ, 1994.

3. Костров В.И., Туркин И.К. Расчет элементов деформируемых конструкций: учебное пособие. М.: МАИ, 2002.

4. Туркин И.К. Проектирование элементов конструкций ЛА с использованием композиционных материалов. М.: МАИ, 1996.

Assessment of the Load-Bearing Capacity of a Composite Aircraft Structure Made of Metal and Composite

Pechenyuk V.S., Popov Yu.I.
MAI, Moscow, Russia

In modern conditions, new structural materials are increasingly being used, providing high load-bearing capacity, strength, weight efficiency and economic feasibility of machine designs. First of all, these are promising polymer composite materials (PCM) and their combinations with high-strength metal alloys. In this article, we call composite structures whose elements are made of different materials, for example, such as a metal spar with a composite material overlay, a spar with an attached PCM panel. Composite structures also include metal-polymer composite materials of the SIAL type, which are a layered plate formed by alternating thin sheets of aluminum or other alloys and layers of composite prepregs. The issues of designing and calculating the stress-strain state (SSS) of composite structures are set out in [1] [2] [3] [4].

The method of calculating (SSS) and destructive load for two structural variants of a composite belt of a spar operating in the stretch zone is considered:

Option I: metal + PCM. We believe that the spar belt was first designed, made of metal, for which the thickness is determined. Then, to increase its bearing capacity, an element from PCM of different brands is attached to the spar belt from the outside.

Option II: PCM + metal. Initially, the spar belt was designed, only from PCM, for which its thickness was determined. Then, from the outside, in order to create a composite spar belt with increased bearing capacity, an element of metal of different brands is attached.

References:

1. Grishin I. V., Dzyuba, A. S., Y. I. Dudarkov the Strength and stability of the elements and compounds of structures made of composites. M.: Fizmatlit, 2013.

2. Popov, Y. I., Reznichenko V. I. Design and manufacture of components and parts of the airframe of composite materials. M.: publishing house of the Moscow aviation Institute, 1994.

3. Kostrov, V. I., Turkin I. K. calculation of the elements of deformable structures: a tutorial. Moscow: MAI, 2002.

4. Turkin I. K. Design of structural elements LA, using composite materials. Moscow: MAI, 1996.

Новации в управлении стоимостью ЖЦИ для ВС с гибридными и электродвигателями

Ратькина Д.С.

МАИ, г. Москва, Россия

Современная авиация, использующая двигатели на углеводородном топливе, а также многие другие виды транспорта, наносит непоправимый ущерб атмосфере за счет выброса ядовитых газов.

Ученые ищут различные способы снижения экологического ущерба от деятельности человека и экономии земельных ресурсов. Одним из технических решений этих проблем сегодня являются гибридные и электрические двигатели. Конструкция представляет собой силовой агрегат, состоящий из классического двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя, объединенных в одно целое.

Гибридно-электрический самолет всерьез рассматривается как одна из революционных концепций дизайна. Такие самолеты имеют газотурбинные двигатели, которые приводят в действие электрогенераторы на вентиляторах с электроприводом. Таким образом, в зависимости от варианта осуществления гибридный электрический самолет может быть снабжен комбинацией газовых турбин и электрических винтов или только с помощью электрических винтов.

Одним из наиболее существенных преимуществ таких самолётов является гибкость в конфигурации и эксплуатации. Например, электропривод может использоваться непрерывно в течение всего полета или на определенных участков полета. Кроме того, можно интегрировать соответствующие системы хранения энергии с газотурбинными генераторами для полной оптимизации производительности системы. При росте спроса на энергию и цен на топливо гибридные электрические двигательные установки могут снизить потребление топлива в авиационной промышленности.

Текущие проекты в электротехнической авиации сосредоточены на таких различных областях: летающее такси и региональные самолеты. Хорошими примерами являются разрабатываемый проект CityAirbus и проект-ZA10 от Zunum при поддержке Boeing и JetBlue Technology Ventures.

Общая сумма затрат, понесенных в течение жизненного цикла, называется стоимостью жизненного цикла. Полный жизненный цикл охватывает все виды деятельности по проекту самолета, начиная с анализа потребности и вывода из эксплуатации.

Существует три основных типа методов оценки затрат: инженерная оценка, аналогичная оценка и оценка параметров. Для новых, разрабатываемых проектов стоит уделить внимание таким альтернативным моделям затрат как DAPCA-IV и NPV.

Анализ затрат преследует две цели. Во-первых, необходимо определить инвестиции, которые должна понести производственная компания для производства определенного количества продукции. Помимо оценки его стоимости, он также проверяет обоснованность этих инвестиций. Вторая цель заключается в анализе эксплуатационных расходов.

Модель DAPCA-IV устанавливает специальные отношения оценки затрат, которые представляют собой набор статистических уравнений, которые предсказывают затраты на приобретение воздушного судна, используя только базовую информацию.

A NPV является важным показателем успешности программы самолёта.

Численная модель финансово обоснована и квалифицирует проект с точки зрения времени погашения инвестиций (время окупаемости) или возврата инвестиций. Если чистая стоимость является положительной, проект заслуживает дальнейшего рассмотрения.

1.Finger, D. F., Braun, C. & Bil, C., 2018. An Initial Sizing Methodology for Hybrid-Electric Light Aircraft. Atlanta, AIAA Aviation 2018 Forum.

2.Варюхин А. Исследования ЦИАМ в области технологий гибридных и электрических силовых установок самолетов. Семинар CIAM-Airbus, 24 апреля 2019 года. Москва, Россия.

PLM Cost management innovations for the aircrafts with hybrid and electric engines

Ratkina D.S.

MAI, Moscow, Russia

Modern aviation, using hydrocarbon-fueled engines, as well as many other types of transport, causes irreparable damage to the atmosphere due to the release of toxic gases.

Scientists are looking for various ways to reduce environmental damage from human activities and save land resources. One of the technical solutions to these problems today are hybrid and electric motors. The design is a power unit consisting of a classic internal combustion engine and an electric motor combined into one.

Hybrid-electric aircraft is seriously considered as one of the revolutionary design concepts. Such aircraft have gas turbine engines that drive electric generators powered by electric fans. Thus, depending on the embodiment, a hybrid electric aircraft can be equipped with a combination of gas turbines and electric propellers or only with electric propellers.

One of the most significant advantages of such aircraft is flexibility in configuration and operation. For example, the electric drive can be used continuously during the entire flight or on certain sections of the flight. In addition, it is possible to integrate appropriate energy storage systems with gas turbine generators to fully optimize system performance. With rising energy demand and fuel prices, hybrid electric propulsion systems can reduce fuel consumption in the aviation industry.

Current projects in electrical aviation focus on such diverse areas as flying taxis and regional aircraft. Good examples are the CityAirbus project being developed and the ZA10 project from Zunum with the support of Boeing and JetBlue Technology Ventures.

The total amount of costs incurred during the life cycle is called the life cycle cost. The full life cycle covers all types of aircraft project activities, starting with the analysis of the need and decommissioning.

There are three main types of cost estimation methods: engineering estimation, analogous estimation, and parameter estimation. For new, developed projects, it is worth paying attention to such alternative cost models as DAPCA-IV and NPV.

Cost analysis has two goals. First, it is necessary to determine the investments that a manufacturing company must incur to produce a certain amount of products. In addition to assessing its value, it also checks the validity of these investments. The second goal is to analyze the operating costs.

The DAPCA-IV model establishes special cost estimation relationships, which are a set of statistical equations that predict the cost of acquiring an aircraft using only basic information.

A NPV is an important indicator of the success of the aircraft program.

The numerical model is financially sound and qualifies the project in terms of investment repayment time (payback time) or return on investment. If the net worth is positive, the project deserves further consideration.

1. Finger, D. F., Braun, C. & Bil, C., 2018. An Initial Sizing Methodology for Hybrid-Electric Light Aircraft. Atlanta, AIAA Aviation 2018 Forum.

2. Varyukhin A. CIAM Research in Hybrid & Electric Aircraft Propulsion System Technologies. CIAM-Airbus Seminar, April 24, 2019. Moscow, Russia.

Исследование изменения массы летательного аппарата по этапам весового проектирования

Ресулкулыева Г., Серебрянский С.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Одной из главных задач при проектировании любого конкурентоспособного летательного аппарата (ЛА) является определение массы конструкции на ранних стадиях разработки [1]. Уменьшение массы конструкции определяет саму возможность полета и транспортную эффективность самолета. Одним из разделов науки о проектировании является весовое проектирование. Именно в этом разделе, при помощи аппарата весовых формул, изучается вопрос определения и прогнозирования массы конструкции самолета.

Процесс проектирования самолета можно разделить на логические этапы: аванпроект, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, разработка рабочих чертежей. В этапности отражается логика проектирования и выражается методика приближений, уточняющих друг друга, начиная от общей концепции и заканчивая проработкой всех деталей конструкции. Такой же логике подчиняется весовое проектирование. Различные процессы весового проектирования выполняются многократно, разными методами, каждый раз увеличивая точность значения массы конструкции [2].

Условно, решение задачи весового проектирования можно разделить на три уровня. Эти уровни отличаются характером решаемых задач и методами выполняемых расчетов.

В данной работе при выполнении расчётов первого уровня определяется облик самолета на основе исходных данных, заданных в технических требованиях. Определяются весовые характеристики безразмерного самолета, основные размеры и параметры. Производится расчет массы самолета в первом приближении.

После формирования облика самолета, проводится расчёт второго уровня. При этом определяются размеры крыла и фюзеляжа методами оптимизации. Выполняется поагрегатный расчет масс.

При решении задач третьего уровня производится подетальный весовой расчет и выполняется анализ связи между массой и прочностью.

Для решения всех этих задач используются статистические данные, накопленные в процессе эксплуатации различных самолётов. «Весовые формулы», вывод которых основан на статистическом материале, со временем теряют свою актуальность. В связи с этим возникает необходимость уточнять эти формулы, либо выводить принципиально новые.

Литература:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / Под. ред. М.А. Погосяна. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 448 с.

2. Шейнин В.М., Козловский В.И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. Т. 1. - М.: Машиностроение, 1977г. - 208с.

Study of changes in the mass of the aircraft by stages of weight design

Resulkulyyeva G., Serebryansky S.A.
MAI, Moscow, Russia

One of the main tasks in the design of any competitive aircraft is to determine the mass of the structure at the early stages of development [1]. The reduction in the mass of the structure determines the very possibility of flight and the transport efficiency of the aircraft. One of the branches of design science is weight design. It is in this section, using the apparatus of weight formulas, that the question of determining and predicting the mass of the aircraft structure is studied.

The aircraft design process can be divided into logical stages: preliminary design, technical proposal, draft design, technical design, development of working drawings. The phasing reflects the logic of design and expresses the methodology of approximations that clarify each other, starting from the general concept and ending with the elaboration of all the details of the design. The same logic obeys the weight design. Various processes of weight design are carried out repeatedly, using different methods, each time increasing the accuracy of the mass value of the structure [2].

Conditionally, the solution of the weight design problem can be divided into three levels. These levels differ in the nature of the tasks to be solved and the methods of calculations performed.

In this paper, when performing calculations of the first level, the appearance of the aircraft is determined based on the initial data specified in the technical requirements. The weight characteristics of a dimensionless aircraft, the main dimensions and parameters are determined. The mass of the aircraft is calculated in the first approximation.

After the formation of the appearance of the aircraft, the calculation of the second level is carried out. At the same time, the dimensions of the wing and fuselage are determined by optimization methods. The aggregate calculation of the masses is performed.

When solving problems of the third level, a detailed weight calculation is performed and the relationship between mass and strength is analyzed.

To solve all these problems, statistical data accumulated during the operation of various aircraft are used. "Weight formulas", the conclusion of which is based on statistical material, lose their relevance over time. In this regard, there is a need to clarify these formulas, or to derive fundamentally new ones.

References:

1. Digital technologies in the life cycle of Russian competitive aviation technology: Monograph / Edited by M.A. Pogosyan. - M.: Publishing House of MAI, 2020 - 448 p.

2. Sheinin V.M., Kozlovsky V.I. Weight design and efficiency of passenger aircraft. Vol. 1. - M.: Mechanical Engineering, 1977 - 208p.

Исследование влияния выступающего элемента конструкции на продольный момент корпуса беспилотного летательного аппарата

Розанцев К.О.

МАИ, г. Москва, Россия

При проектировании корпусов для беспилотных летательных аппаратов (БЛА) возникает необходимость установки на их поверхности различных выступающих элементов конструкции. Эти элементы представляют собой своеобразные обтекатели, которые закрывают различные агрегаты и приборы. Назначение этих обтекателей, с одной стороны, заключается в том, чтобы предохранить соответствующие детали от силового и теплового воздействия внешнего потока или иных факторов в условиях эксплуатации, а с другой стороны «облагородить» аэродинамическую форму установленных на корпусе деталей для наименьшего искажения аэродинамических характеристик БЛА.

В связи с высокими требованиями к маневренности и управляемости современных БЛА возникает необходимость увеличения точности определения их аэродинамических характеристик. Выступающие элементы конструкции зачастую приводят к возникновению существенного продольного момента. Таким образом, представляется практический интерес выяснить общие закономерности того влияния, которое оказывают выступающие элементы конструкции на продольный момент корпуса БЛА.

В данной работе рассматриваются основные принципы влияния продольного выступающего элемента конструкции на продольный момент корпуса БЛА. В работе представлены результаты численного моделирования обтекания корпуса БЛА в присутствии продольного выступающего элемента конструкции различной формы и при его отсутствии. Численное моделирование проведено в пакете вычислительной газодинамики (CFD). Задача рассмотрена в трехмерной постановке, используемая математическая модель, основана на решении усредненных уравнений Навье-Стокса, замкнутых с помощью SST k-w модели турбулентности.

Расчёты проведены для различных геометрических параметров выступающего элемента конструкции, варьировалась относительная высота и длина элемента, для углов атаки БЛА до 30 градусов и углов аэродинамического крена до 180 градусов, при сверхзвуковых скоростях.

В результате данной работы предложены аппроксимирующие зависимости дополнительного продольного момента от выступающего элемента конструкции в зависимости от относительной высоты элемента, числа Маха, угла атаки и угла

аэродинамического крена. Полученными зависимостями может быть дополнена аналитическая методика расчета аэродинамических характеристик БЛА.

Investigation of the influence of a protruding structural element on the longitudinal moment of the body of an unmanned aerial vehicle

Rozantsev K.O.
MAI, Moscow, Russia

When designing housings for unmanned aerial vehicles (UAVs), it becomes necessary to install various protruding structural elements on their surface. These elements are a kind of fairings that cover various units and devices. The purpose of these fairings, on the one hand, is to protect the corresponding parts from the power and thermal effects of an external flow or other factors during operation, and on the other hand, to "refine" the aerodynamic shape of the parts installed on the body for the least distortion of the aerodynamic characteristics of the UAV.

In connection with the high requirements for the maneuverability and controllability of modern UAVs, it becomes necessary to increase the accuracy of determining their aerodynamic characteristics. Protruding structural elements often result in a significant longitudinal moment. Thus, it seems of practical interest to find out the general laws of the effect that protruding structural elements have on the longitudinal moment of the UAV body.

This paper discusses the basic principles of the influence of the longitudinal protruding structural element on the longitudinal moment of the UAV body. The paper presents the results of numerical simulation of the flow around the UAV body in the presence of a longitudinal protruding structural element of various shapes and in its absence. Numerical modeling was carried out in the computational fluid dynamics (CFD) package. The problem is considered in a three-dimensional formulation, the mathematical model used is based on the solution of the averaged Navier-Stokes equations, closed using the SST k-w turbulence model.

The calculations were carried out for various geometric parameters of the protruding structural element, the relative height and length of the element varied, for UAV attack angles up to 30 degrees and aerodynamic roll angles up to 180 degrees, at supersonic speeds.

As a result of this work, approximating dependences of the additional longitudinal moment on the protruding structural element are proposed, depending on the relative height of the element, the Mach number, the angle of attack and the angle of aerodynamic roll. The obtained dependences can be supplemented by the analytical method for calculating the aerodynamic characteristics of a UAV.

О влиянии механического воздействия на функциональное состояние аккумуляторов электрической энергосистемы летательного аппарата

Савельев С.А., Арбузов И.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Сегодня активно ведутся исследования в области разработки летательных аппаратов (ЛА) с электрической силовой установкой, для которых источником энергии являются аккумуляторные батареи (АКБ) на основе литиевых электрохимических аккумуляторов (Li-Ion) [1, 2]. Эффективность аккумуляторов обеспечивается за счет увеличения их удельной энергоемкости. Однако это увеличивает вероятность выхода его из строя при соударениях с другими объектами. Механическое воздействие может стать причиной деформации или пробития корпуса аккумулятора, что может привести к повреждению сепаратора, разделяющего анод и катод, тем самым, вызвав внутреннее короткое замыкание и последующий нагрев аккумулятора. При достижении температуры 70-90°С, ион-проводящий защитный слой начинает разлагаться, и литий, встроенный в анод, вступает в реакцию с электролитом [3]. Если оболочка аккумулятора не разгерметизирована, то процесс повышения температуры и рост давления продолжается до тех пор, пока материал катода не вступает в реакцию диспропорционирования (180-200°С). Этот процесс называется термическим разгоном. Когда начинается выделение кислорода, происходит воспламенение, а высокое давление способствует взрывному горению.

Кроме внутреннего короткого замыкания, термический разгон может начаться за счет подвода тепла снаружи аккумулятора, вызванной соударением высокоскоростного поражающего элемента с корпусом или высокой температурой неисправных соседних аккумуляторов.

В работе приведены критерии и методы оценки функционального состояния АКБ при механическом воздействии с другими объектами, а также пути и способы обеспечения безопасности и живучести АКБ.

Исследования показали, что в зависимости от типа аккумулятора температура термического разгона варьируется в диапазоне (125-200)°С. В качестве показателя для оценки функционального состояния АКБ предлагается использовать степень снижения емкости поврежденного аккумулятора.

В условиях возможного воздействия по нему внешних факторов можно обеспечить за счет уменьшения вероятности механического воздействия или за счет снижения последствий от соударения.

Внешние факторы могут иметь разную специфику, и мало зависят от конструкции самолета, могут меняться, и сами имеют вероятностный характер.

Для исследования воздействия внешних факторов на АКБ необходимо использовать системный подход, предусматривающий многоуровневость сложной системы, каким является ЛА. В соответствии с этим меры безопасности должны быть обеспечены как минимум на трех иерархических уровнях: аккумулятора, АКБ и ЛА в целом.

Литература:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / под ред. М.А. Погосяна. – М: Издательство МАИ, 2020.

2. Савельев С. А. "Анализ эффективности электрических аккумуляторных источников энергии для беспилотных летательных аппаратов": Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVII Гагаринские чтения. – М.: Издательство «Перо», 2021.

3. Как взрываются литий-ионные аккумуляторы [Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/post/372703/.

On the influence of mechanical action on the functional state of the batteries of the aircraft electrical power system

Savelyev S.A., Arbuzov I.V.
MAI, Moscow, Russia

Today, research is being actively carried out in the development of aircraft with an electric propulsion system, for which the energy of storage batteries is used based on lithium electrochemical cells (Li-Ion) [1, 2]. The efficiency of batteries is ensured by increasing their specific energy intensity. However, this increases the likelihood of its failure in case of collisions with other objects. Mechanical action can deform or break the battery cell case, which can damage the layer separating the anode and cathode, thereby causing an internal short circuit and subsequent heating of the cell. When the temperature reaches 70-90°C, the ion-conducting protective layer begins to decompose, and the lithium embedded in the anode reacts with the electrolyte [3]. If the cell shell is not depressurized, then the process of temperature rise and pressure growth continues until the cathode material undergoes a disproportionation reaction (180-200°C). This process is called thermal runaway. When oxygen begins to evolve, ignition occurs, and the high pressure promotes explosive combustion.

In addition to an internal short circuit, thermal runaway can begin due to the supply of heat from the outside of the battery cell, caused by the impact of a high-speed projectile on the case or the high temperature of faulty neighboring cells.

The paper presents the criteria and methods for assessing the functional state of the battery under mechanical action with other objects, as well as ways and means of ensuring the safety and survivability of the battery.

Researches have shown that, depending on the type of battery cell, the thermal runaway temperature varies in the range (125-200)°C. As an indicator for assessing the functional state of the battery, it is proposed to use the degree of capacity reduction of the damaged battery.

In conditions of possible action of external factors on it, acceptable performance can be ensured by reducing the likelihood of mechanical impact or by reducing the consequences of action.

External factors can have different specifics, and depend little on the design of the aircraft, they can change, and they themselves are of a probabilistic nature.

To research the action of external factors on the battery, it is necessary to use a systematic approach that provides for a multilevel complex system, such as an aircraft. In accordance with this, safety measures must be provided at least at three hierarchical levels: battery cell, battery pack and aircraft as a whole.

References:

1. Digital technologies in the life cycle of Russian competitive aviation technology: Monograph / ed. M.A. Poghosyan. - M: Publishing house MAI, 2020.

2. Savva Savelyev "Analysis of the efficiency of electric battery energy sources for unmanned aerial vehicles": Collection of abstracts of the international youth scientific conference XLVII Gagarin readings. - M .: Publishing house "Pero", 2021.

3. Как взрываются литий-ионные аккумуляторы [Electronic resource] URL: https://habr.com/ru/post/372703/.

Численное моделирование шарнирных моментов органов управления

Сашин А.П., Ерохин П.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Целью работы являлось осуществление численного моделирования коэффициентов шарнирных моментов расщепляющихся элеронов стреловидного крыла.

Актуальность данной работы подтверждается тем, что их численное моделирование помогает значительно упростить разработку летательного аппарата. Обычно шарнирные моменты органов управления получают при помощи проведения натурного эксперимента во время продувок. Это требует значительных материальных и временных затрат. В настоящее время все чаще проводятся вычисления с помощью различных программных комплексов, что позволяет удешевить и уменьшить временной промежуток для получения соответствующих данных. Этому и посвящена представленная статья.

Работа состоит из 6 основных этапов: построение сетки для профиля крыла с выпущенным щитком ANSYS ICEM CFD; проведение расчеты модели на разных углах атаки с разными моделями турбулентности (k-w, k-e и Спалара-Альмараса) при помощи программной среды Fluent; оценка влияния количества разбиений в расчетной сетке на сходимость результатов; построение расчетной сетку для крыла самолета с выпущенным интерцепторами или отклоненными элеронами в программе ANSYS ICEM CFD; проведение расчетов шарнирных моментов в программном комплексе ANSYS Fluent при разных углах атаки (сравнение полученных данных с результатами эксперимента); построение расчетных сеток и вычисление коэффициентов шарнирных моментов расщепляющихся элеронов на стреловидном крыле в программном комплексе ANSYS Fluent. Полученные во время вычислений данные показали хорошую сходимость с данными из Руководства для конструкторов.

Задача вычисления шарнирных моментов элементов механизации крыла современного самолета является важной, поскольку полученные данные помогают создать сбалансированную по моментным характеристикам систему механизации крыла без проведения дорогостоящих экспериментов.

Numerical modeling of the hinge moments of the controls

Sashin A.P., Erokhin P.V.

MAI, Moscow, Russia

The aim of the work was to carry out numerical modeling of the coefficients of the hinge moments of the splitting ailerons of the swept wing.

The relevance of this work is confirmed by the fact that their numerical simulation helps to significantly simplify the development of the aircraft. Usually, the hinge moments of the controls are obtained by carrying out a full-scale experiment during purging. This requires significant material (design, construction and maintenance of wind tunnels; creation of blowing full-scale models of various scales; creation of equipment for conducting an experiment) and time costs. Currently, calculations are increasingly carried out using various software systems, which makes it possible to reduce the cost and reduce the time interval for obtaining the relevant data. The presented article is devoted to this.

The work consists of 6 main stages: construction of the mesh for the wing profile with the ANSYS ICEM CFD flap extended; carrying out model calculations at different angles of attack with different turbulence models (k-w, k-e and Spalar-Almaras) using the Fluent software environment; estimation of the influence of the number of partitions in the computational grid on the convergence of the results; construction of a computational grid for a wing of a aircraft with extended spoilers or deflected ailerons in the ANSYS ICEM CFD program; calculations of hinge moments in the ANSYS Fluent software package at different angles of attack (comparison of the data obtained with the experimental results); construction of computational grids and calculation of the coefficients of the hinge moments of the splitting ailerons on the swept wing in the ANSYS Fluent software package.

The problem of calculating the hinge moments of the wing mechanization elements of a modern aircraft is important, since the data obtained help to create a wing mechanization system balanced in terms of moment characteristics without costly experiments.

Экспериментальное исследование влияния геометрии кормовой части фюзеляжа вертолета на аэродинамические характеристики фюзеляжа

[1]Степанов Р.П., [1]Кусюмов А.Н., [2]Миргазов Р.М., [2]Крицкий Б.С.
[1]КНИТУ-КАИ, г. Казань; [2]ЦАГИ, г. Жуковский, Россия

Фюзеляж вертолета вносит наибольший вклад в сопротивление всего вертолета. При проектировании многоцелевых вертолетов, как правило, приходится находить компромисс между оптимальными аэродинамическими и конструктивными характеристиками. Одним из основных эксплуатационных требований к вертолетам является способность осуществлять погрузку/выгрузку груза. Это определяет некоторые особенности выбора геометрии кормовой части фюзеляжа и зачастую приводит к ухудшению аэродинамических характеристик фюзеляжа. В частности, течение в окрестности кормовой части фюзеляжа может сопровождаться генерацией двух концевых вихрей на отрицательных углах атаки.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований модели фюзеляжа типового многоцелевого вертолета среднего класса с двумя вариантами геометрии кормовой части: створки грузовой кабины и грузовая рампа. В целом, модель фюзеляжа имела геометрию, схожую с геометрией фюзеляжа вертолета Ми-8. Эксперименты были проведены в аэродинамической трубе Т-1К КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева. Результаты исследований интегральных аэродинамических характеристик дополнены измерениями с применением PIV-системы в окрестности кормовой части фюзеляжа. Полученные результаты указывают на то, что фюзеляж с грузовой рампой имеет более высокие значения коэффициента сопротивления (по отношению к створкам грузовой кабины) на отрицательных углах атаки. Кроме того, анализ потока по результатам PIV-измерений показал, что фюзеляж с конфигурацией грузовой рампы имеет более высокие значения циркуляции ядер вихрей, сходящих с кормовой части фюзеляжа, в сравнении с конфигурацией фюзеляжа со створками грузовой кабины. Представлены зависимости изменения значений циркуляции ядер вихрей от угла атаки.

Experimental investigation of the influence of the rear fuselage upsweep geometry on the aerodynamic characteristics of the helicopter fuselage

[1]Stepanov R.P., [1]Kusyumov A.N., [2]Mirgazov R.M., [2]Kritsky B.S.
[1]KNRTU-KAI, Kazan; [2]TSAGI, Moscow, Russia

Helicopter fuselage is the main contributor to the overall helicopter drag. Usually, conflicting requirements for optimal aerodynamic and structural performance negatively affect each other. This

determines some of the rear fuselage upsweep geometry selection features and often worsen aerodynamic characteristics of the fuselage. In particular, the flow-field in the vicinity of the rear fuselage upsweep region can be accompanied by two tip vortices (vortex flow) at negative angles of attack.

In this work, the experimental results are presented for a multipurpose medium lift helicopter fuselage with two different rear fuselage upsweep geometries: conventional rear fuselage upsweep and flat loading ramp. In general, the fuselage geometry was similar to Mil Mi-8 helicopter fuselage. Experiments were conducted at T-1K wind tunnel at Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev. The integral balance measurements were complemented by PIV-measurements in the vicinity of the rear fuselage upsweep region. The obtained results suggest that the fuselage with flat loading ramp has higher lift coefficient values (compared to the conventional rear fuselage upsweep) at negative angles of attack. Furthermore, the analysis of PIV-measurements indicate that the fuselage with the loading ramp configuration has higher vortex core circulation values in the rear upsweep region in compared with the conventional rear fuselage upsweep geometry. The dependence of the vortex core circulation is shown for different angles of attack.

Оценка остаточной прочности и жесткости верхних панелей композитного крыла с учетом влияния параметров окружающей среды

Стрижиус В.Е., Петров Р.А., Лупачев Д.К.
МАИ, г. Москва, Россия

Известно, что одной из важнейших задач обеспечения прочности элементов композитных авиационных конструкций является задача по оценке степени деградации (снижения) остаточной прочности и жесткости таких элементов в процессе накопления усталости. Известно также, что процесс накопления усталости для композитных панелей крыла транспортного самолета в значительной степени зависит от параметров окружающей среды, в первую очередь от температуры и влажности. Для проведения подобных оценок с достаточной точностью сформированы методы и процедуры таких оценок. В качестве примера рассмотрена предполагаемая эксплуатация современного самолета транспортной категории с композитным крылом из углепластика AS4-PW в двух странах: в стране с умеренным климатом (например, в России) и в стране с жарким климатом и большой влажностью воздуха (например, на Кубе). С использованием предложенных методов и процедур выполнены оценки степени деградации остаточной прочности и жесткости в процессе накопления усталости для образцов со свободными отверстиями из ламината углепластика AS4-PW толщиной 8,84 мм для случая использования этого ламината в качестве обшивки верхних панелей композитного крыла самолета транспортной категории с учетом и без учета влияния параметров окружающей среды. Получены значения усталостных долговечностей, рассматриваемых образцов до достижения нормированных значений остаточной прочности и жесткости. Проведено сравнение и отмечена значительная разница в полученных значениях. Сделан вывод о целесообразности выполнения подобных оценок практически для всех основных силовых элементов самолета, сделанных из композиционных материалов.

Литература:

1. Tomblin J. and Seneviratne W. Determining the Fatigue Life of Composite Aircraft Structures Using Life and Load-Enhancement Factors. Report DOT/FAA/AR-10/6, June 2011.

2. Mandell J.F. Fatigue behaviour of fibre-resin composites. Developments in Reinforced Plastics 2. Edited by G. Pritchard. Applied Science Publishers, London, 1986.

3. Burhan I., Kim H.S. S-N Curve Models for Composite Materials Characterisation: An Evaluative Review. J. Compos. Sci. 2018, 2, 38. DOI: 10.3390/JCS2030038.

4. Cadei J.M.C. Fatigue of FRP composites in civil engineering applications. Fatigue in composites. Edited by Bryan Harris. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2003.

5. Nixon-Pearson O.J., Hallett S.R. An investigation into the damage development and residual strengths of open-hole specimens in fatigue. Compos. A Appl. Sci. Manuf. 2015, 69, pp. 266–278.

6. Khan A.I., Venkataraman S., Miller I. Predicting Fatigue Damage of Composites Using Strength Degradation and Cumulative Damage Model. J. Compos. Sci. 2018, 2, 9. DOI: 10.3390/JCS2010009.
7. Cadavid M.O., Al-Khudairi O., Hadavinia H., Goodwin D., Liaghat G.H. Experimental Studies of Stiffness Degradation and Dissipated Energy in Glass Fibre Reinforced Polymer Composite Under Fatigue Loading. Polymers & Polymer Composites. 2017, Vol. 25, No. 6.
8. Kawai M., Itoh N. A failure-mode based anisomorphic constant life diagram for a unidirectional carbon/epoxy laminate under off-axis fatigue loading at room temperature. Journal of Composite Materials. 2014, 48, pp. 571–592.

Evaluation of the residual strength and stiffness of the upper panels of the composite wing of the aircraft, taking into account the influence of environmental parameters

Strizhius V.E., Petrov R.A., Lupachev D.K.
MAI, Moscow, Russia

It is known that one of the most important tasks of ensuring the strength of elements of composite aircraft structures is the task of assessing the degradation (reduction) of the residual strength and stiffness of such elements in the process of fatigue accumulation. It is also known that the fatigue accumulation process for composite panels of a transport aircraft wing largely depends on environmental parameters, primarily temperature and humidity. Methods and procedures of such assessments have been formed with sufficient accuracy to carry out such assessments. As an example, the proposed operation of a modern aircraft of the transport category with a composite wing made of carbon fiber AS4-PW in two countries is considered: in a country with a temperate climate (for example, Russia) and in a country with a hot climate and high humidity (for example, Cuba). Using the proposed methods and procedures, the degree of degradation of residual strength and stiffness in the process of fatigue accumulation was assessed for open-hole samples made of AS4-PW carbon fiber laminate with a thickness of 8.84 mm for the case of using this laminate as the skin of the upper panels of a composite wing of a transport category aircraft, taking into account and without taking into account the influence of environmental parameters. The values of fatigue durabilities of the considered samples are obtained until the normalized values of residual strength and stiffness are reached. The obtained durabilities is compared. A significant difference in the obtained values of fatigue life was noted. The conclusion about the expediency of performing such assessments for almost all the load bearing composite elements of the aircraft is made.

References:

1. Tomblin J. and Seneviratne W. Determining the Fatigue Life of Composite Aircraft Structures Using Life and Load-Enhancement Factors. Report DOT/FAA/AR-10/6, June 2011.
2. Mandell J.F. Fatigue behaviour of fibre-resin composites. Developments in Reinforced Plastics 2. Edited by G. Pritchard. Applied Science Publishers, London, 1986.
3. Burhan I., Kim H.S. S-N Curve Models for Composite Materials Characterisation: An Evaluative Review. J. Compos. Sci. 2018, 2, 38. DOI: 10.3390/JCS2030038.
4. Cadei J.M.C. Fatigue of FRP composites in civil engineering applications. Fatigue in composites. Edited by Bryan Harris. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2003.
5. Nixon-Pearson O.J., Hallett S.R. An investigation into the damage development and residual strengths of open-hole specimens in fatigue. Compos. A Appl. Sci. Manuf. 2015, 69, pp. 266–278.
6. Khan A.I., Venkataraman S., Miller I. Predicting Fatigue Damage of Composites Using Strength Degradation and Cumulative Damage Model. J. Compos. Sci. 2018, 2, 9. DOI: 10.3390/JCS2010009.
7. Cadavid M.O., Al-Khudairi O., Hadavinia H., Goodwin D., Liaghat G.H. Experimental Studies of Stiffness Degradation and Dissipated Energy in Glass Fibre Reinforced Polymer Composite Under Fatigue Loading. Polymers & Polymer Composites. 2017, Vol. 25, No. 6.
8. Kawai M., Itoh N. A failure-mode based anisomorphic constant life diagram for a unidirectional carbon/epoxy laminate under off-axis fatigue loading at room temperature. Journal of Composite Materials. 2014, 48, pp. 571–592.

Актуальность создания алгоритмов оптимизации схем армирования и толщин слоистых полимерных композиционных материалов

Тытаев Э.М., Насонов Ф.А.
МАИ, г. Москва, Россия

На сегодняшний день использование композиционных материалов обрело широкий масштаб во всех сферах машиностроения, где важную роль играет весовое совершенство.

Слоистые композиты открывают большие возможности в корректировке механических свойств итогового материала. Это стало возможным не только благодаря развитию технологических аспектов, но также за счёт вариативности комбинаций элементов пакета: угла армирования слоёв и их толщин. Моделирование подбора угла армирования и толщин слоёв показало, что во многих случаях нецелесообразно пользоваться исключительно квазиизотропной структурой, поскольку излишняя «универсальность» снижает весовую эффективность и сводит на нет смысл использования композиционных материалов. В некоторых случаях следует использовать только симметричную или антисимметричную укладку. При определенных нагрузках увеличение количества разнонаправленных слоев не влияет на конечный результат с точки зрения прочности. Поэтому вопрос о подборе укладки остается открытым каждый раз, когда возникает нетривиальная задача создать материал способный воспринимать нагрузку преимущественно в одном или нескольких направлениях приложений сил. Компьютерное моделирование позволяет осуществлять подбор необходимой комбинации элементов, которая позволила бы получить специфическую конструкцию. Вместе с тем помимо базовых требований по статической и усталостной прочности, существуют также вопросы о работе композита в определенных температурных режимах, ударной прочности, изгибной жесткости. На данные параметры значительное влияние также оказывает укладка.

Все эти вопросы накладывают дополнительные переменные в алгоритм подбора оптимальной комбинации. В зависимости от задачи, требования к изделию, а также градация их значимости могут существенно отличаться. К сожалению, на данный момент не существует универсального оптимизационного алгоритма, способного учитывать только определенные требования в соответствии с техническим заданием. Главной проблемой является валидация эффективности проверки алгоритма, поскольку для анализа требуется большое количество натурных испытаний, отнимающих ресурсы и время. Однако с развитием систем автоматизированного проектирования, в частности появление отдельных модулей работы со слоистым композитом, стало возможным выполнять проверку эффективности работы алгоритма легче и быстрее натурных испытаний. Вдобавок, технология производства обеспечивает возможность создания композита со сложным набором армирования слоёв. Весь этот потенциал должен реализовываться наличием соответствующего вычислительного блока, способного подобрать необходимую, оптимальную комбинацию.

The relevance of creating optimizing algorithms of ply stacking and thicknesses of layered polymer composite materials

Tytaev E.M., Nasonov F.A.
MAI, Moscow, Russia

To date, composite materials have gained widespread acceptance in all areas of mechanical engineering where weight efficiency is critical. Layered composites provide numerous options for modifying the final material's mechanical properties. This was made possible not only by technological advancements, but also by the variety of layered package element combinations: the reinforcement angle of layers and their thicknesses. Modeling of the reinforcement angle and layer thickness selection has revealed that in many cases, using only a quasi-isotropic structure is impractical, as excessive "versatility" reduces weight efficiency and negates the purpose of using composite materials. Sometimes only symmetrical or asymmetrical stacking should be used in some cases. Oftentimes, increases in the number of multidirectional layers have no effect on the final strength result under certain loads. As a result, whenever a non-trivial task arises to create a material capable of perceiving the load primarily in one or more directions of force applications, the question

of laying selection remains open. Computer modeling enables to choose the exact combination of elements required to create a specific design. At the same time, there are questions about the composite's operation in specific temperature conditions, impact, and bending stiffness, in addition to the basic requirements for static and fatigue strength. These parameters are influenced by stacking as well.

All of these questions introduce new variables into the algorithm for determining the best combination.

The requirements for the product, as well as the gradation of their importance, may vary significantly depending on the task. Unfortunately, there is no universal algorithm that can take only certain requirements into account in accordance with the terms of reference at this time. The main issue is the verification of the algorithm's effectiveness, which necessitates a large number of full-scale tests that consume resources and time. However, with the advancement of computer-aided design systems, and in particular the appearance of separate modules for working with layered composites, it became easier and faster to test the algorithm's effectiveness than it was previously possible. Furthermore, the manufacturing technology allows for the creation of a composite with a complex set of reinforcement layers. All of this potential should be realized by the presence of a computing unit capable of determining the best possible combination.

Исследование методов снижения звукового удара сверхзвукового делового самолёта

Тюшин А.В., Тюшина М.А., Серебрянский С.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Критической проблемой полноценного внедрения сверхзвукового делового самолёта (СДС) в обыденную практику является создаваемый им звуковой удар (ЗУ) на местности, технологии уменьшения которого также активно исследуются [1]. Обусловлены они комплексным проведением ряда мероприятий, связанных с оптимизацией геометрических параметров летательного аппарата (ЛА), компоновки, траекторий полёта, а также – мероприятий, связанных с энергетическим воздействием на воздушный поток для непосредственного влияния на параметры ударной волны [2].

На данный момент проведено большое количество исследований в данном направлении, позволяющее сформировать статистические зависимости уровня ЗУ СДС, выраженного в метрике звукового давления, от степени внедрения конкретных мероприятий по его снижению [3]. Наличие таких зависимостей при условии завязки их на базовых геометрических параметрах, проектных параметрах и проектных критериях даёт возможность на ранних стадиях проектирования облика определить рациональные меры снижения ЗУ и степень их внедрения, а также провести первичную оптимизацию проектных параметров СДС в условии специфических ограничений.

В представленной работе собрана база по материалам исследований методов снижения ЗУ как отдельно, так и в ключе многопараметрической оптимизации СДС. Степень внедрения мероприятий снижения ЗУ, будучи аргументом к функции уровня ЗУ, описывалась конкретными параметрами самолёта, такими как удлинение фюзеляжа, статический момент ПГО, стреловидность крыла и т.д. Для описания мероприятий используются и булевы значения, например наличие/отсутствие ПГО («да»/«нет») или же само по себе применение/неприменение мероприятия. Характеристика влияния мероприятия на снижение уровня ЗУ выражена в процентах изменения амплитуды перепада давления до и после внедрения.

На основании собранных данных сформированы упомянутые выше статистические зависимости в случаях, где размер выборки и описывающий мероприятия математический аппарат позволял это сделать. Рассмотренные методы систематизированы с точки зрения принципа их действия и охарактеризованы: степенью влияния на снижение уровня ЗУ, уровнем технических рисков для внедрения, зависящими от них параметрами и характеристиками самолёта для корректного внедрения выведенных зависимостей в систему формирования размерного облика СДС.

Investigation of methods for reducing the sonic boom of a supersonic business jet

Tyushin A.V., Tyushina M.A, Serebryansky S.A.
MAI, Moscow, Russia

A critical problem of the full-fledged introduction of a supersonic business jets (SBJ) into everyday practice is the sonic boom it creates on the ground, which reduction technologies are also actively being investigated. They are connected with the complex implementation of a number of measures related to the optimization of the geometric parameters of the aircraft, layout, flight paths, as well as measures related to the energy impact on the air flow to directly affect the parameters of the shock wave [1].

At the moment, a large number of studies have been conducted in this direction, which makes it possible to form statistical dependences of the level of sonic boom, expressed in the sound pressure metric depending on the degree of implementation of specific measures to reduce it [2]. The presence of such dependencies, provided they are connected with basic geometric parameters, design parameters and design criteria, makes it possible at the early stages of the design of the appearance to determine rational measures to reduce sonic boom and the degree of their implementation, as well as to carry out primary optimization of design parameters under specific constraints [3].

The presented work contains a database based on the materials of studies of methods for reducing of sonic boom both separately and in the key of multiparametric optimization of VTS. The degree of implementation of reduction measures, being an argument to the function of sonic boom level , was described by specific parameters of the aircraft, such as the lengthening of the fuselage, the static torque of the canard, the sweep of the wing, etc. Also Boolean values were used for describing the measures, for example, the presence/absence of the canard ("yes"/"no") or by itself the use/non-use of the event. The characteristic of the effect of the measure on reducing the level of memory is expressed as a percentage of the change in the amplitude of the pressure drop before and after implementation.

On the basis of the collected data, the statistical dependencies mentioned above were formed in cases where the sample size and the mathematical apparatus describing the events allowed this to be done. All the considered methods are systematized from the point of view of the principle of their operation and characterized by: the degree of influence on the reduction of the level of boom, the level of technical risks for implementation, the parameters and characteristics of the aircraft depending on them for the correct implementation of the derived dependencies in the system of formation of the dimensional appearance of the SBJ.

Определение оптимальной толщины кессона крыла из полимерных композиционных материалов с учетом его крепления к центроплану самолета

Ха Чангмин, Дудченко А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Минимум массы конструкции планера является одним из основных критериев, определяющих совершенство конструкции самолета, с учетом прочностных и жёсткостных требований. Применение композитов позволяет существенно снизить вес крыла самолёта не только вследствие высоких значений удельной прочности и жёсткости этих материалов, но и за счёт оптимального выбора структурных параметров композитов.

Целью данной работы является получение рациональной конструкции минимальной массы, которая удовлетворяет условиям прочности, жесткости и устойчивости с учетом свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ). Для получения этой конструкции необходимо спроектировать и рассчитать силовую конструкцию крыла кессонного типа. В работе был использован практический подход к проектированию крыла, основанный на использовании условия равнопрочности, проведён расчёт, в котором используется уточнение, основанное на применении балочной теории двумя корректирующими слагаемыми, уточняющий изгиб и кручения в районе стыка кессона и центроплана.

Расчёт с использованием балочной теории проводится в два этапа. На первом этапе определяется структура и толщина слоев каждой панели, считая их плоскими пластинами. Они должны удовлетворять трем ограничениям: по прочности, по изгибной и крутильной

жесткостями расчетного сечения. Второй этап проектирования выполняется с учетом конкретного членения крыла на отдельные элементы: лонжероны, нервюры, стрингеры и т.д. В каждом этапе искомыми параметрами являются толщины слоев каждой панели, в некоторых случаях расчета искомыми величинами могут быть, параметры полок лонжеронов, площади стрингеров, расстояние между стрингерами, соединения элементов и узлы крепления конструкции. В данной работе излагается методика определения оптимальной толщины элементов кессона крыла, выполненного из полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Determination of the optimal thickness of polymer composite wingbox considering its attachment to the fuselage of the aircraft

Dudchenko A.A., Ha C.M
MAI, Moscow, Russia

The minimum-weight design of aircraft structures that satisfies the strength and stiffness requirements is one of the main criteria for aircraft design. The use of composite materials can significantly reduce the weight of the aircraft wing, not only due to the high values of specific strength and stiffness of these materials, but also due to the optimal choice for structural parameters of the composites.

The aim of our study is to design a rational structure with minimum weight that satisfies the requirements of strength, stiffness, and stability by considering the properties of polymer-composite materials (PCM). To obtain this structure, it is necessary to design and calculate the load-bearing structure of the wing. In this work, we use a practical wing design method that satisfy the uniform strength requirement. Beam theory were used to accurately calculate bending and torsion at the connection point between the wingbox and fuselage of the aircraft.

The calculation using beam theory is carried out in two steps. In the first step, the layer pattern and thickness of each panel are determined considering them as flat plates. The values obtained must satisfy three restrictions: strength, bending and torsional stiffness of the design section. The second design step is conducted taking into account division of aircraft wing into individual elements such as spas, ribs, etc. At each stage, the desired parameters are the layer thickness of each panel. In the case of calculations, the desired parameters can be the area of the stringer, the distance between the stringers, the parameters of spar, the connection between components, and the attachment point of structure. This study presents the method of determining the optimal thickness of PCM wingbox.

Метод предварительной оптимизации крыла в сверхзвуковом потоке

Хрусталев А.Л., Февральских А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) занимается определением уровня максимальной интенсивности звукового удара, приемлемого для человека. Сегодня ожидается, что допустимый уровень интенсивности звукового удара будет определен к 2022 году. Формирование компоновки классической схемы с приемлемым уровнем интенсивности звукового удара путем организации распределения объема и подъемной силы, соответствующего оптимальному эквивалентному телу вращения, приводит к затруднениям обеспечения аэродинамической эффективности самолета (максимальное аэродинамическое качество). Для решения этой проблемы проводятся исследования по повышению аэродинамического качества и весовой отдачи самолета, что обеспечивается оптимизацией формы крыла, фюзеляжа и мотогондол с учетом их аэродинамической интерференции. Задача оптимизации несущих поверхностей может решаться с помощью обратной задачи аэродинамического расчета. Обратная задача аэродинамического расчета для сверхзвукового обтекания в приложении к несущей поверхности самолета рассматривается как частный случай обратной краевой задачи. В настоящей работе используется метод решения обратной задачи аэродинамического расчета, основанный на представлении несущей поверхности в виде системы вихревых сингулярностей (метод граничных элементов – панельный метод). Вихревая интенсивность представлена в виде полинома из восьми слагаемых, итоговая система состоит из 10 линейных алгебраических уравнений, что значительно упрощает

применение панельного метода. Результаты расчетов приведены в виде распределения угла крутки. Дальнейшие работы направлены на уточнение аэродинамических характеристик несущей поверхности, полученной в результате решения оптимизационной задачи, и совершенствования исходной математической модели сингулярностей в части определения сопротивления.

Method for preliminary optimization of a wing in a supersonic flow

Khrustalev A.L., Fevralskikh A.V.
MAI, Moscow, Russia

The International Civil Aviation Organization (ICAO) is concerned with determining the level of maximum sonic boom intensity acceptable to humans. Today it is expected that the acceptable level of sonic boom intensity will be determined by 2022. Formation of the layout of the classical scheme with an acceptable level of sonic boom intensity by organizing the distribution of volume and lift corresponding to the optimal equivalent body of revolution leads to difficulties in ensuring the aerodynamic efficiency of the aircraft (maximum aerodynamic quality). To solve this problem, studies are being carried out to improve the aerodynamic quality and weight return of the aircraft, which is ensured by optimizing the shape of the wing, fuselage and engine nacelles, taking into account their aerodynamic interference. The problem of optimizing the bearing surfaces can be solved using the inverse problem of aerodynamic calculation. The inverse problem of aerodynamic calculation for supersonic flow applied to the aircraft lifting surface is considered as a special case of the inverse boundary value problem. In this work, we use a method for solving the inverse problem of aerodynamic calculation, based on the representation of the bearing surface in the form of a system of vortex singularities (boundary element method - panel method). The vortex intensity is presented as a polynomial of eight terms, the final system consists of 10 linear algebraic equations, which greatly simplifies the application of the panel method. The calculation results are presented in the form of the twist angle distribution. Further work is aimed at clarifying the aerodynamic characteristics of the lifting surface, obtained as a result of solving the optimization problem, and improving the original mathematical model of singularities in terms of determining the resistance.

Анализ методов построения регуляторов для управления квадрокоптерами в условиях недостаточной информационной обеспеченности

Хтет С.П.
МИЭТ, г. Зеленоград, Россия

Квадрокоптер является сложным, многосвязным техническим устройством, обладающим немоделируемой динамикой, подверженным влиянию внешних возмущений. Решение задачи управления квадрокоптером является интересной с научной и практической точек зрения, что обуславливает значительный интерес к данной тематике и др. Рассмотрим особенности предлагаемых решений различными авторами.

Несмотря на развитие методов современной теории автоматического управления (ТАУ) и полученные на их основе результаты такие регуляторы как ПИ, ПД, ПИД часто применяются в робототехнике. Недостатки и достоинства указанных регуляторов хорошо известны.

Системы управления, построенные на основе ПИ, ПД, ПИД для решения задачи стабилизации полета квадрокоптера не обеспечивают необходимого качества в силу того, что расчет их параметров требует наличия точной математической модели объекта управления и возмущений, которую чрезвычайно сложно получить.

Сложность, многосвязность, нелинейность, наличие неопределенных параметров таких технических объектов как квадрокоптер обуславливает необходимость поиска способов решения задач управления альтернативных известным классическим П, ПИ, ПИД регуляторам.

Анализ предлагаемых подходов позволяет сделать вывод о преимуществах использования в условиях недостаточной информационной обеспеченности применения методов искусственного интеллекта: нечеткой логики, искусственных нейронных, нейро-нечетких сетей. В тоже время очевидно, что использование какого-либо одного метода, пусть даже

более эффективного по сравнению с П, ПИ, ПИД регуляторами, не позволяет решить весь перечень стоящих перед проектировщиками проблем. В первую очередь это объясняется наличием нескольких режимов функционирования ОУ и соответственно разной эффективностью функционирования П, ПИ, ПИД, нечетких, нейронных и нейро-нечетких регуляторов в каждом из них. В связи с этим можно говорить о необходимости построения регуляторов более

«высокого» уровня, гибридных, объединяющих в себе несколько отдельных методов управления.

Результатом проведенного в докладе аналитического обзора является получение представления о способах реализации гибридных регуляторов, особенностях их практического использования, достоинствах и недостатках. Полученные результаты отличаются от аналогов большей ориентированностью применительно к решению задачи управления таким техническим объектом как квадрокоптер.

Литература:

1. Хтет Сое Паинг. Проектирование квадрокоптера с использованием 2D модели моделирование каскадного ПИД контроллера. 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus).2020;2370-2373

2. Гэн К., Чулин Н.А. Алгоритмы стабилизации для автоматического управления траекторным движением квадрокоптера. Наука и образование. 2015.

Analysis of methods for constructing controllers for controlling quadcopters in conditions of insufficient information security

Htet S.P.

MIET, Zelenograd, Russia

The application of the fuzzy logic apparatus to automation tasks is currently possible in two ways. The first is to design a situation classifier that defines the goals of the system's functioning. The second method is more traditional and is based on the direct regulation of variables of the control object. Despite these differences, these methods are similar to each other.

Artificial neural networks (INS) represent some alternative for building intelligent control systems to fuzzy controllers. The use of INS for solving control problems can be used variously as a tool for emulation, evaluation, prediction of op-amp parameters, and direct regulation.

The features of the INS allow us to implement complex, nonlinear dependencies on their basis. When designing regulators, this property facilitates the synthesis of a control system, since the implementation of interconnected control systems based on INS does not require the developer to have accurate numerical knowledge about the mutual influence of internal quantities. As a disadvantage, you can specify the need for a certain number of iterations of the synthesis of the regulator, the high dependence of the design process on the intuition of the developer, the need for preliminary receipt, preparation of training samples, which in itself is not an easy task.

Complexity, multi-connectivity, non-linearity, the presence of uncertain parameters of such technical objects as a quadcopter necessitates the search for ways to solve control problems alternative to the well-known classical P, PI, PID controllers.

The analysis of the proposed approaches allows us to conclude about the advantages of using artificial intelligence methods in conditions of insufficient information security: fuzzy logic, artificial neural, neuro-fuzzy networks. At the same time, it is obvious that the use of any one method, even if it is more effective compared to P, PI, PID regulators, does not allow solving the entire list of problems facing designers. First of all, this is due to the presence of several modes of functioning of the OP and, accordingly, different efficiency of functioning of P, PI, PID, fuzzy, neural and neuro-fuzzy regulators in each of them. In this regard, we can talk about the need to build regulators more "high" level, hybrid, combining several separate management methods.

The result of the analytical review carried out in the report is to get an idea of the ways of implementing hybrid regulators, the features of their practical use, advantages and disadvantages. The results obtained differ from analogues in their greater orientation in relation to solving the problem of controlling such a technical object as a quadcopter.

References:
1. Htet Soe Paing. Designing a quadrocopter using a 2D model modeling a cascade PID controller. 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus).2020;2370-2373
2. Geng K., Chulin N.A. Stabilization algorithms for automatic control of the trajectory movement of the quadcopter. Science and education. 2015.

Перспективы применения формирований дронов различного уровня взаимодействия в гражданских целях

Черкунов М.А., Улюшин Я.И., Шавелкин Д.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Ещё в прошлом веке появилась мировая тенденция по автоматизации выполнения многих технических процессов и исключению человеческого фактора. В сфере авиации это отразилось путём создания беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и беспилотных авиационных систем (БАС). Современные БПЛА имеют огромную вариативность применения, начиная с использования в развлекательных целях и заканчивая боевым применением. Среди них интерактивные игры, развлекательные шоу, соревнования с участием БПЛА, аэрофотосъёмка местности, поисково-спасательные мероприятия, военная разведка и т.д. Такое разнообразие применений говорит о большой гибкости данной технологии, что позволяет адаптировать ее под различные цели и условия.

Масштабирование БПЛА позволило создать формирования дронов с различным уровнем внутреннего взаимодействия. На данный момент определены 3 фундаментальных вида (формирования) внутреннего взаимодействия дронов: группа, команда и рой. Такое разделение на виды позволяет создавать БАС для многих сфер человеческой жизни. В частности, на данный момент рои дронов применяются в интерактивных шоу. Также известно несколько случаев использования роя дронов в боевых операциях. С оглядкой на будущее идут широкомасштабные испытания и исследования применения формирований дронов в мирных целях – в этих случаях человеческое общество будет следовать мировым тенденциям по упрощению выполнения поставленной задачи и исключения человеческого фактора.

В области применения формирований дронов можно выделить следующие перспективные направления: видео-фотосъёмка, тушение пожаров, поисково-спасательные мероприятия, контроль спортивных мероприятий, исследование и разведка местности, сельское хозяйство. В зависимости от конкретных целей и условий в каждом из этих направлений предпочтительно применение формирования дронов с уровнем взаимодействия, который обеспечит максимально возможную эффективность выполнения поставленной задачи.

Литература:
1. Aerial filming with synchronized drones using reinforcement learning / Kenneth C. W Goh, Raymond B. C Ng, Yoke-Keong Wong, Nicholas J. H Ho, Matthew C. H Chua // Multimedia Tools and Applications. 2021.
2. Drone Swarms in Fire Suppression Activities: A Conceptual Framework / Elena Ausonio, Patrizia Bagnerini and Marco Ghio // Drones 2021, 5, 17. 2021.
3. Autonomous Swarm of UAVs for Tracking of Flying Insects with Harmonic Radar / A. Lavrenko, Z. Barry, R. Norman, C. Frazer, Y. Ma, G. Woodward and S. Pawson // IEEE 93rd Vehicular Technology Conference. 2021.
4. Potential Threats of UAS Swarms and the Countermeasure’s Need / Laurent Beaudoin, Antoine Gademer, Loica Avanthey, Vincent Germain and Vincent Vittori // ECIW. 2011.

Prospects for the use of drone formations of various levels of interaction for civilian purposes

Cherkunov M.A., Ulyushin Y.I., Shavelkin D.S.
MAI, Moscow, Russia

Even in the last century, there was a global trend to automate the execution of many technical processes and eliminate the human factor. In the field of aviation, this was reflected by the creation of unmanned aerial vehicles (UAVs) and unmanned aircraft systems (UAS). Modern UAVs have a

huge variety of applications, starting with use for entertainment purposes and ending with combat use. Among them are interactive games, entertainment shows, competitions with the participation of UAVs, aerial photography of the area, search and rescue activities, military intelligence, etc. Such a variety of applications indicates the great flexibility of this technology, which allows it to be adapted to various purposes and conditions.

The scaling of the UAV made it possible to create drone formations with different levels of internal collaboration. At the moment, 3 fundamental types (formations) of internal collaboration of drones have been identified: a group, a team and a swarm. This division into types allows you to create UAS for many areas of human life. In particular, at the moment swarms of drones are used in interactive shows. There are also several cases of the use of a swarm of drones in combat operations. With an eye to the future, large-scale tests and studies of the use of drone formations for peaceful purposes are underway - in these cases, human society will follow global trends to simplify the task and eliminate the human factor.

In the field of drone formations, the following promising areas can be distinguished: video photography, fire extinguishing, search and rescue activities, control of sports events, research and reconnaissance of the area, agriculture. Depending on the specific goals and conditions in each of these areas, it is preferable to use the formation of drones with a level of interaction that will ensure the maximum possible efficiency of the task.

References:

1. Aerial filming with synchronized drones using reinforcement learning / Kenneth C. W Goh, Raymond B. C Ng, Yoke-Keong Wong, Nicholas J. H Ho, Matthew C. H Chua // Multimedia Tools and Applications. 2021.

2. Drone Swarms in Fire Suppression Activities: A Conceptual Framework / Elena Ausonio, Patrizia Bagnerini and Marco Ghio // Drones 2021, 5, 17. 2021.

3. Autonomous Swarm of UAVs for Tracking of Flying Insects with Harmonic Radar / A. Lavrenko, Z. Barry, R. Norman, C. Frazer, Y. Ma, G. Woodward and S. Pawson // IEEE 93rd Vehicular Technology Conference. 2021.

4. Potential Threats of UAS Swarms and the Countermeasure's Need / Laurent Beaudoin, Antoine Gademer, Loica Avanthey, Vincent Germain and Vincent Vittori // ECIW. 2011.

Влияние нагрева рабочей жидкости в золотниковых гидрораспределителях приводов системы управления полетом на тепловое состояние гидросистемы самолета

Чулков М.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время при проектировании гидросистем летательных аппаратов определение теплового режима является одним из важнейших вопросов, особенно для гидросистем сверхзвуковых маневренных самолетов. Разработчики гидросистем стремятся снизить непроизводительные потери мощности, поскольку это снижает установочную массу системы, позволяя уменьшать габариты теплообменных аппаратов. Продолжительное функционирование гидросистемы при повышенной температуре жидкости ускоряет выработку ресурса агрегатов, более скорыми темпами происходит снижение характеристик материалов, из которых изготавливаются уплотнения. Предельные температуры рабочей жидкости гидросистемы устанавливаются в наибольшей степени исходя из стойкости материалов уплотнительных устройств и вязкостных характеристик самой жидкости. Тепловыделение в гидросистеме - это многофакторный процесс, на который влияют параметры окружающей среды, режим потребления гидравлической энергии приводами системы управления, профиль полета самолета, показатели эффективности гидравлических распределительных устройств и блоков питания.

Существующие методики теплового расчета авиационных гидросистем не учитывают совместного влияния дросселирования жидкости в золотниковых распределительных устройствах и ее нагрева в источниках питания, а также зависимости дросселирования от внешней нагрузки на исполнительные приводы и скорости отклонения рулевых поверхностей. В данной работе предлагается метод расчета температуры рабочей жидкости гидросистемы

самолета на основе дифференциальных уравнений теплового баланса. В расчете учитывается зависимость коэффициента полезного действия гидронасоса от режима работы двигателя самолета, изменение потребляемого расхода жидкости для приводов системы управления полетом по профилю полета, а также зависимость прироста температуры жидкости при прохождении золотникового распределителя от внешней нагрузки на привод. По данной методике проведены вычисления изменения температуры жидкости во времени для нескольких типовых профилей полета маневренного самолета. Для верификации расчета использовались результаты стендовых испытаний гидравлических насосов и гидросистем в целом, а также данные летных испытаний.

Литература:

1. Влияние температуры рабочей жидкости на объемный коэффициент полезного действия аксиально-поршневого гидронасоса. / Пьянзов С.В., Столяров А.В., Ионов П.А., Земсков А.М. // Пермский аграрный вестник. - Процессы и машины агроинженерных систем, №4 (24), 2018.

2. Влияние уровня давления нагнетания на тепловые потери в гидросистеме летательных аппаратов. / Волков А.А., Мищенко В.Ю., Ионов В.А. // Качество и жизнь. - Транспорт, производство, управление и эксплуатация. №4, 2017.

3. Температура рабочей жидкости авиационных гидросистем. / Шумилов И.С. // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2016. № 02. С. 51–75.

4. Системы оборудования летательных аппаратов/ под ред. Матвеенко А.М. и В.И. Бекасова. // М.: Машиностроение, 2005.

5. Моделирование и диагностика тепловых характеристик транспортных самолетов. / Хлистун А.И., Бочаров В.П. // Национальный университет, Киев, Украина, 2010.

6. Блоки питания гидравлических систем летательных аппаратов, адаптивные к режиму потребления. Руководящий технический материал авиационной техники РТМ 1703-86 / Меланьин А.Н., 1986.

7. Системы управления рулями самолётов. / Шумилов И.С. // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009, 469 с.

The influence of the working fluid heating at directional spool valves of the flight control system actuators on thermal state of an aircraft hydraulic system

Chulkov M.V.

MAI, Moscow, Russia

At present, the determination of the thermal state in the design of aircraft hydraulic systems is one of the most important issues, especially for supersonic maneuverable aircraft. Hydraulic system designers strive to reduce power losses because it allows to reduce the installation weight of hydraulic system and downsize the heat exchangers. Prolonged operation at an elevated fluid temperature decreases of hydraulic units' life time, deteriorates characteristics of seal's materials. The temperatures of the hydraulic fluid are limited by the durability of the materials of the sealing devices and the viscosity characteristics of the fluid. Heat release at a hydraulic system is a multifactorial process that is influenced by environmental parameters, hydraulic energy consumption by the control system drives, the aircraft flight profile, and the efficiency of hydraulic power supplies.

The existing methods of thermal state calculation of aircraft hydraulic systems don't take into account the combined effect of fluid restriction at spool valves, its heating in power supplies and the dependence of restriction on the external load on actuators and the speed of control surfaces deflection. This paper proposes a method for calculating the temperature of the working fluid of an aircraft hydraulic system based on the differential equations of the heat balance. The calculation takes into account the dependence of the hydraulic pump efficiency on the aircraft engine power frequency, the change in the consumed fluid flow for the drives of the flight control system along the flight profile, and the dependence of the increasing fluid temperature at the spool valve on the external load on the drive. This method was used to calculate the fluid temperature change in time for several typical flight profiles of a maneuverable aircraft. To verify the calculation, the results of bench tests of hydraulic pumps and hydraulic systems as a whole and flight test data were used.

Методика оценки рисков столкновения беспилотных воздушных судов с наземными объектами

Шибаев В.М., Овсянников М.О., Ершов В.С., Парфентий А.П.
ЦАГИ, г. Жуковский, Россия

Методика позволяет рассчитать вероятность возникновения авиационного происшествия с участием беспилотной авиационной системы (БАС) гражданского назначения на основе функции плотности вероятности столкновения беспилотного воздушного судна (БВС) в ее составе с людьми или критическими объектами инфраструктуры, располагающимися на земле в районе полетов БВС. Для функциональных систем, отказы которых приводят к наиболее неблагоприятным полетным ситуациям, рассматривается влияние этих отказов на динамику полета БВС и проводится моделирование падения (или аварийной посадки). В результате моделирования оценивается функция плотности вероятности столкновения БАС землей с учетом плотности населения и застройки на рассматриваемой территории и сравнивается с заданным нормативным значением вероятности возникновения авиационных происшествий в гражданской авиации. Формируется дополнительный «слой» карты местности, показывающий плотность вероятности расположения объектов, которые могут быть подвергнуты риску со стороны БВС и определяющий ограничения для планирования полета.

Разработанная методика может быть использована организациями-разработчиками на ранних этапах создания гражданских БАС с целью формирования целевых показателей надежности бортового и наземного оборудования систем управления, организациями, вовлеченными в процесс предоставления допуска гражданских БАС к эксплуатации, с целью определения возможности постановки БАС на учет или внесения в реестр гражданских воздушных судов (регистрации), а также страховыми компаниями с целью определения условий страхования БАС и ответственности их владельцев перед третьими лицами.

Кроме того, с использованием методики могут быть разработаны алгоритмы автономного принятия решения в процессе выполнения полетного задания, поскольку в системах управления с высоким уровнем автоматизации результаты вычислений для принятия решения должны контролироваться отдельными системами, оценивающими сценарии завершения полета при возникновении наиболее тяжелых отказных состояний.

Литература:

1. «Scoping paper to AMC RPAS 1309 issue 2» JARUS, Tech. Rep., 2015. http://jarus-rpas.org/

2. A. la Cour-Harbo, «Ground impact probability distribution for small unmanned aircraft in ballistic descent," in 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). IEEE, 2020, pp. 1442–1451.

3. Chin E. Lin, Pei-Chi Shao, «Failure Analysis for an Unmanned Aerial Vehicle Using Safe Path Planning», AIAA SciTech Forum, Orlando, Florida, 2020

Unmanned aircraft systems ground collision risk assessment methodology

Shibaev V.M., Ovsyannikov M.O., Ershov V.S., Parfentiy A.P.
TsAGI, Zhukovsky, Russia

Methodology intended for aviation accident of civil unmanned aircraft systems probability calculation. Ballistic descent or emergency recovery capability procedures of unmanned aerial vehicle at critical functional systems failure modes need are simulated. After simulation, the density function of UAV ground collision probability is multiplied by density of people and critical infrastructure on the ground depending parameter. For people on the ground the shelter factor should be taken into account. The results allow to map third parties risk probability surface, compare it with acceptable flight safety level for civil aviation and determine UAS operational limitations.

Methodology could be useful for unmanned aircraft systems developers to determine safety objectives at UAS control systems design stages, certification authorities for Specific unmanned aircraft systems category operation authorization and insurance companies for third party liability insurance.

The methodology regards in prospect as framework for autonomous decision making algorithms developing for high-automation flight control systems in order to bound artificial intelligence agent

behavior. Such monitoring systems (“watchdogs”) could assess UAV and environment safety risks and approve AI agent decision based on its predictions.

Методика разработки цифрового двойника для послепродажного обслуживания

Шишкин А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Современная страна это большой и целостный организм, который подвержен динамическим изменениям, у него есть свой ритм, свой пульс, даже свой цикл жизни. Соответственно её промышленность и экономика это сердце и легкие. Внешняя среда, которая окружает организм очень переменчива, пандемии катаклизмы, войны, все эти проявления, это как бактерии – это вызов, за счёт этих “проверок на прочность” становится ясно насколько крепкий иммунитет у организма. Но кроме враждебных проявлений бывают и полезные, за счёт которых появляется возможность укрепить свои органы и иммунитет в целом. Одно из таких проявлений, это промышленная революция 4.0, под лозунгом “цифровая”. Каждая такая “пилюля” позволяет укрепить тот или иной процесс, который протекает, в органе, в нашем случае в промышленности. В результате мы получили современные технологии, такие как, большие данные, аддитивное производство и в особенности цифровой двойник с его возможностями. Именно цифровой двойник несет в себе гигантский потенциал решений, которые можно применить как в производстве, так и в опк, что напрямую окажет влияние на современное положение дел, а именно повысит стойкость к внешним вызовам в итоге.

Применение технологий 4 промышленностей позволяет добиться хорошего уровня результатов. Но основной вопрос так и остаётся открытым. Понимание Цифрового двойника, у каждого производителя разное. Это целая микросистема, которую можно использовать как на этапах жизненного цикла, так и в различных направлениях, таких как реверсивный инжиниринг.

Литература:

1. https://rostec.ru/news/odk-vpervye-v-rossii-sproektirovala-vertoletnyy-dvigatel-polnostyu-v-3d.
2. Наука и техника, Роман Барский 15 сентября 2019«Цифровой двойник» двигателя Су-57.
3. https://rostec.ru/news/tsifrovoe-proektirovanie-kak-sozdayutsya-bezbumazhnye-samolety-
4. M. Grieves, "Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication", Michael W. Grieves, LLC, 2014.
5. http://www.microsystems.ru/files/publ/326.htm.
6. Алексенко А.Г. Нано-индустрия как научно-производственная основа микросистем. Инженерно-физические проблемы новой техники // Сб. трудов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001.
7. https://www.3dpulse.ru/news/zhurnal-additivnye-tehnologii/primenenie-tsifrovyh-dvoinikov-v-additivnyh-tehnologiyah/.
8. https://blog.iqb.ru/additive-manufacturing-basics/.
9. https://www.vesvks.ru/vks/article/8-problem-rossiyskogo-oboronno-promyshlennogo-komp-16153.

Methodology for developing a digital twin for after-sales service

Shishkin A.V.
MAI, Moscow, Russia

A modern country is a large and integral organism that is subject to dynamic changes; it has its own rhythm, its own pulse, even its own life cycle. Accordingly, its industry and economy are its heart and lungs. The external environment surrounding the organism is very changeable, pandemics, disasters, wars, all these manifestations are like bacteria - a challenge, through this "test of strength" becomes clear how strong the immunity of the body. Besides the hostile manifestations, there are also beneficial ones, through which there is an opportunity to strengthen our bodies and the immune system as a whole. One of these manifestations is the Industrial Revolution 4.0, in the name of "digital". Each such "pill" allows strengthening a particular process that takes place in an organ, in

our case in industry. The result is modern technologies such as big data, additive manufacturing and especially the digital twin with its capabilities. It is the digital twin that brings with it the enormous potential of solutions that can be applied in both manufacturing and optics that will have a direct impact on the current state of affairs, namely increasing resilience to external challenges in the long run.

The use of technologies from four industries allows us to achieve good results. But the basic question remains open. The understanding of the digital twin, varies from manufacturer to manufacturer. It is a whole microsystem that can be used both in the life cycle stages and in different areas, such as reverse engineering.

References.

1. https://rostec.ru/news/odk-vpervye-v-rossii-sproektirovala-vertoletnyy-dvigatel-polnostyu-v-3d.
2. Science and Technology, Roman Barsky 15 September 2019 "Digital twin" of the Su-57 engine.
3. https://rostec.ru/news/tsifrovoe-proektirovanie-kak-sozdayutsya-bezbumazhnye-samolety-
4. M. Grieves, "Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication," Michael W. Grieves, LLC, 2014.
5. http://www.microsystems.ru/files/publ/326.htm.
6. Aleksenko A.G. Nano-industry as a scientific and production basis for microsystems. Engineering-Physical Problems of New Technology // Collected Works. Moscow: N.E. Bauman Moscow State Technical University. 2001.
7. https://www.3dpulse.ru/news/zhurnal-additivnye-tehnologii/primenenie-tsifrovyh-dvoinikov-v-additivnyh-tehnologiyah/.
8. https://blog.iqb.ru/additive-manufacturing-basics/.
9. https://www.vesvks.ru/vks/article/8-problem-rossiyskogo-oboronno-promyshlennogo-komp-16153.

Геометрическое формообразование топливных ёмкостей самолета в условиях проектных неопределенностей

Стрелец Д.Ю., Шкурин М.В., Хуан Чжэн
МАИ, г. Москва, Россия

Каждый новый летательный аппарат (ЛА) создаётся в условиях проектных неопределённостей, которые связаны с комплексом свойств, определяющих его конкурентоспособность на рынке авиационной техники [1]. В свою очередь комплекс свойств, который формируется на этапе внешнего проектирования, определяет тактико-технические требования к ЛА и влияет на его взлётную массу.

Так как ЛА является сложной технической системой, состоящей из функционально взаимосвязанных частей и систем, которые обеспечивают заданный комплекс свойств, то все составляющие можно объединить в следующие основные группы масс: конструкция, силовая установка, топливо, системы и оборудование, целевая нагрузка и снаряжение сумма которых составляет взлётную массу.

Топливо составляет 25...35% массы самолёта, в зависимости от его назначения и размещается в топливных баках, которые функционально входят в состав топливной системы.

К топливной системе воздушного судна предъявляются следующие требования: надёжность, пожарная безопасность, простота конструкции, живучесть, контролепригодность и эксплуатационная технологичность [2, 3].

Такие характеристики как масса топлива, геометрическая форма и массово-инерционные характеристики топливных ёмкостей оказывают влияние на лётно-технические характеристики самолёта [4].

В данной работе рассматривается вопрос формообразования топливных ёмкостей самолёта с целью определения минимальных значений массово-инерционных характеристик летательного аппарата.

В ходе проектирования указанные характеристики позволяют решить ряд важных задач. К числу таких относятся задачи исследования динамических характеристик конструкции

планера, собственные частоты колебаний которого зависят от моментов инерции его агрегатов.

В качестве граничных условий формообразования крыльевых топливных ёмкостей рассматриваются форма, геометрические параметры и конструкция крыла.

Массово инерционные характеристики, во многом, определяются схемными и компоновочными решениями в облике самолёта. Проблема корректности определения массово-инерционных характеристик летательного аппарата приобретает особую остроту в связи с увеличением размерности самолётов и их взлётной массы.

Литература:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / Под. ред. М.А. Погосяна. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 448 с.

2. Попов Ю.И., Серебрянский С.А., Майсак М.В. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2019. № 12 (273). С. 32-39.

3. Арбузов, И.В. Взрывозащита топливных баков с помощью устройств сброса давления / И.В. Арбузов, С.А. Серебрянский // Авиационная промышленность. 2019. № 2. С. 55-60.

4. Шейнин В.М., Козловский В.И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. Т. 1. - М.: Машиностроение, 1977г. - 208с.

Geometric Shaping of Aircraft Fuel Tanks under Design Uncertainties

Strelets D.Yu., Shkurin M.V., Huang Zheng

MAI, Moscow, Russia

Each new aircraft (AC) is created under conditions of design uncertainties, which are associated with a set of properties that determine its competitiveness in the aircraft market [1]. In turn, the complex of properties that is formed at the stage of external design determines the tactical and technical requirements for the aircraft and affects its take-off weight.

Since an aircraft is a complex technical system consisting of functionally interconnected parts and systems that provide a given set of properties, all components can be combined into the following main groups of masses: structure, power plant, fuel, systems and equipment, the target load and equipment, the sum of which is takeoff weight.

Fuel makes up 25 ... 35% of the mass of the aircraft, depending on its purpose and is placed in fuel tanks, which are functionally part of the fuel system.

The following requirements are imposed on the aircraft fuel system: reliability, fire safety, simplicity of design, survivability, testability and operational manufacturability [2, 3].

Such characteristics as the mass of fuel, geometric shape and mass-inertial characteristics of fuel tanks affect the flight performance of the aircraft [4].

This paper discusses the issue of the formation of aircraft fuel tanks in order to determine the minimum values of the mass-inertial characteristics of the aircraft.

In the course of design, these characteristics allow us to solve a number of important problems. These include the problems of studying the dynamic characteristics of the airframe structure, the natural vibration frequencies of which depend on the moments of inertia of its units.

The shape, geometric parameters and wing design are considered as the boundary conditions for the formation of wing fuel tanks.

Mass inertial characteristics, in many respects, are determined by the circuit and layout solutions in the appearance of the aircraft. The problem of the correctness of determining the mass-inertial characteristics of an aircraft becomes especially acute in connection with an increase in the dimension of aircraft and their take-off mass.

References:

1. Digital technologies in the life cycle of Russian competitive aviation technology: Monograph / Under. ed. M.A. Poghosyan. - M .: Publishing house MAI, 2020 .-- 448 p.

2. Popov Yu.I., Serebryansky S.A., Maysak M.V. On the issue of ensuring the operational survivability of the airframe structure. Directory. Engineering journal with annex. 2019. No. 12 (273). S. 32-39.

3. Arbuzov, I.V. Explosion protection of fuel tanks using pressure relief devices / I.V. Arbuzov, S.A. Serebryansky // Aviation industry. 2019.No. 2.P. 55-60.

4. Sheinin V.M., Kozlovsky V.I. Weight design and efficiency of passenger aircraft. T. 1. - M .: Mechanical Engineering, 1977. - 208p.

This paper discusses the issue of the formation of aircraft fuel tanks in order to determine the minimum values of the mass-inertial characteristics of the aircraft.

Численное моделирование аэродинамических характеристик несущего винта при висении вблизи экрана ограниченных размеров

Шомов А.И., Макеев П.В., Игнаткин Ю.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Висение вертолета вблизи земли, когда расстояние от плоскости вращения несущего винта (НВ) до поверхности меньше его радиуса сопряжено с возникновением явления "экранного эффекта" (ЭЭ). ЭЭ приводит к росту тяги НВ, достигающему величины до 20-25% при фиксированной мощности. Этот эффект нередко применяется для взлета вертолета в перегруженном варианте или в высокогорных условиях. Исследованию аэродинамических характеристик (АХ) НВ при висении вблизи земли (бесконечного экрана) посвящено множество экспериментальных и расчетных работ. Однако при эксплуатации вертолетов встречаются ситуации, когда вертолет зависает над экраном ограниченных размеров. Например, при посадке на специальную вертолетную площадку или в случае висения над плоской крышей здания или обрывом. При этом ЭЭ зависит от площади перекрытия НВ и экрана. Перечисленные случаи имеют большое значение для пилотирования вертолета и требуют специальных исследований. Существует большое количество экспериментальных и расчетных работ, посвященных исследованию влияния ЭЭ на АХ винтов различной геометрии. Однако исследования АХ НВ при висении над ограниченной поверхностью встречаются значительно реже и носят ограниченный характер.

В представленной работе на базе разработанной авторами нелинейной вихревой модели винта выполнен расчет висения НВ вертолета Ми-8 вблизи прямоугольного экрана ограниченных размеров. Диапазон рассмотренных расстояний от втулки НВ до поверхности экрана составляет от 5 до 16 метров. Рассмотрено четыре варианта перекрытия НВ и экрана: 100%, 75%, 50% и 25%. Отдельно рассмотрено висение вблизи бесконечного экрана. Для моделирования бесконечного экрана используется метод зеркального отражения вихревого следа, а для ограниченного экрана поверхность моделируется слоем диполей. Оба подхода валидированы путем сравнения между собой и с имеющимися экспериментальными данными (для случая бесконечного экрана). В результате проведенных расчетов проанализированы формы вихревого следа и картины обтекания НВ при помощи линий тока. Для фиксированной мощности построены зависимости тяги НВ отнесенной к тяге НВ вне экрана в зависимости от высоты висения. Для рассмотренных случаев сделаны количественные выводы о влиянии экрана ограниченных размеров на прирост тяги НВ. Выполнено сопоставление с имеющимися экспериментальными и расчетными данными. Полученные результаты могут существенно дополнить имеющиеся расчетные и экспериментальные данные в данной области.

Numerical modelling of the main rotor aerodynamics when hovering near a limited surface

Shomov A.I., Makeev P.V., Ignatkin Yu.M.
MAI, Moscow, Russia

Hovering a helicopter near the ground when the distance from the main rotor (MR) hub to the ground surface is less than rotor's radius is associated with the phenomenon of ground effect (GE). GE leads to an increase in the rotor thrust, reaching a value of up to 20-25% at a fixed power. This effect is often used for helicopter take-off in an overloaded or high-altitude conditions. A lot of experimental and computational works have been dedicated to the study of the aerodynamic

characteristics of the MR when hovering near the ground (an infinite surface). However, when operating helicopters, there are situations when the helicopter hovers over a surface of limited dimensions (when landing on special helideck or in case of hovering above a flat roof of a building or a cliff). In this case, the GE depends on the overlap area of the MR and the surface. These cases are of great importance for piloting a helicopter and require special research. There is a large number of experimental and computational works devoted to the study of the GE on the rotor's aerodynamics. However, studies of MR aerodynamics when hovering over a limited surface are less common.

In the presented work, on the basis of the free wake model of the rotor developed by the authors, the calculation of the hovering MR of the Mi-8 helicopter near rectangular surface of limited dimensions has been performed. The range of considered distances from the MR hub to the surface is from 5 to 16 meters. Four options for overlapping the MR diameter and the surface are considered: 100%, 75%, 50% and 25%. Hovering near an infinite surface is considered separately. To simulate an infinite surface, the mirrored image technique is used, and for a limited surface, the surface is modeled by a layer of dipoles. Both approaches are validated by comparing them with each other and with available experimental data. As a result of the calculations, the shapes of the vortex wake and the flow structures using streamlines are analyzed. For a fixed power, the dependences of the MR thrust in GE related to the MR thrust out of GE are constructed depending on the hovering height. For the considered cases, quantitative conclusions are made about the influence of a limited surface on the increase in MR thrust. The comparison with available experimental and calculated data is carried out. The obtained results can significantly supplement the available computational and experimental data in this field.

Перспективные средства подавления явления раскачки самолета летчиком

Щербаков А.И., Ефремов А.В., Корзун Ф.А., Проданик В.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Работа посвящена исследованию и выбору наилучшего варианта средства подавления явления раскачки самолета летчиком. Анализируются различные явления раскачки самолетов неустойчивой компоновки, возникающие из-за ограничения на скорость перемещения рулей.

В работе рассматриваются три альтернативных алгоритма префильтров, предназначенных для подавления явления раскачки самолета летчиком:

1) Нелинейный префильтр;

2) Префильтр, разработанный компанией SAAB и устанавливаемый на самолет JAS-39;

3) Предложенный алгоритм.

Предложенный алгоритм базируется на использовании упрощенной модели привода и сравнении сигналов, поступающих на моделируемое ограничение и сигнала, вычисляемого с выхода. Авторами предложено устанавливать такой префильтр перед реальным приводом.

Экспериментальные исследования, выполненные на пилотажном стенде, как в условиях точного, так и в условиях неточного знания динамики исполнительного устройства, показали, что все варианты префильтров подавляют явление раскачки, однако предложенный вариант позволяет получить более высокую точность пилотирования (в среднем в 2,3 раза).

Литература:

1. L. Rundqwist and R. Hillgren, “Phase compensation of rate limiters in JAS 39 Gripen,” AIAA paper 96-3368, 1996.

2. Системы управления самолетами «ОКБ имени А.И.Микояна». Идеология построения, история, развитие. / Под редакцией Оболенского Ю.Г. – М.: Радис-РРЛ. 2021. – Т. I, II.

3. McRuer, D. 1997. Aviation Safety and Pilot Control: Understanding and Preventing Unfavorable Pilot-Vehicle Interactions. Washington, DC: The National Academies Press.

4. А.И. Дынников, Ю.Г.Живов, В.М.Кувшинов. Структуры и алгоритмы систем дистанционного управления самолетов. Журнал «Труды ЦАГИ», вып. 2649, 2001.

5. Rundqwist L. (1996) “Rate limiters with phase compensation”, Saab Military Aircraft, S-581 88 Linkoping, Sweden.

6. U.S. Department of Defence. 2003. A comparison of nonlinear algorithms to prevent pilot-induced oscillations caused by actuator rate. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Department of the Air Force Air University.

7. Зайцева Ю.С. Предотвращение колебаний, вызванных летчиком, методом нелинейной коррекции. Журнал «Труды МАИ». № 116, 2021.

Perspective means of suppressing the PIO event

Scherbakov A.I., Efremov A.V., Korzun F.A., Prodanik V.A.

MAI, Moscow, Russia

The work is devoted to the study and selection of the best method for suppressing the phenomenon of aircraft pilot-induced oscillations. Various phenomena of pilot-induced oscillations of unstable aircraft, arising from limitations on the speed of movement of actuators, are analyzed.

The paper considers three alternative prefilter algorithms designed to suppress the phenomenon of aircraft pilot-induced oscillations:

1) Non-linear prefilter;

2) Prefilter developed by SAAB and installed on the JAS-39 aircraft;

3) The proposed algorithm.

The proposed algorithm is based on the use of a simplified model of the actuator and comparing the signals arriving at the simulated limitation and the signal calculated from the output. The authors proposed to install such a prefilter in front of the real actuator.

Experimental studies carried out on the ground-based simulator, both under conditions of accurate and inaccurate knowledge of the dynamics of the actuator, have shown that all prefilters suppress the pilot-induced oscillations, however, the proposed algorithm allows to obtain a higher piloting accuracy (on average, 2,3 times).

References:

1. L. Rundqwist and R. Hillgren, “Phase compensation of rate limiters in JAS 39 Gripen,” AIAA paper 96-3368, 1996.

2. Aircraft control systems "Design Bureau named after A. Mikoyan". Building ideology, history, development. / Edited by Obolensky Yu.G. - M .: Radis-RRL. 2021 .-- T. I, II.

3. McRuer, D. 1997. Aviation Safety and Pilot Control: Understanding and Preventing Unfavorable Pilot-Vehicle Interactions. Washington, DC: The National Academies Press.

4. A.I. Dynnikov, Yu.G. Zhivov, V.M. Kuvshinov. Structures and algorithms of aircraft remote control systems. The journal "Works of TsAGI", vol. 2649, 2001.

5. Rundqwist L. (1996) “Rate limiters with phase compensation”, Saab Military Aircraft, S-581 88 Linkoping, Sweden.

6. U.S. Department of Defense. 2003. A comparison of nonlinear algorithms to prevent pilot-induced oscillations caused by actuator rate. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Department of the Air Force Air University.

7. Zaitseva Yu.S. Prevention of oscillations caused by the pilot using non-linear correction. The journal "Works of the MAI". No. 116, 2021.

2. Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки

2. Aviation and rocket engines and power installations

Numerical study of GH2/LO2 combustion in a single coaxial injector of the RCM-2 test case with 10 bar pressure

Ghimirey Bishal, Neelima Venugopalan
MAI, Moscow, Russia

Liquid rocket engine (LRE) is a type of rocket engine that uses liquid propellants. They can be monopropellant, bi-propellant or in some rare cases even tri-propellant. LREs provide the maximum amount of thrust for a lesser amount of fuel, and therefore, has the highest fuel efficiency. Of all the various combinations that exist for liquid propellants, the one combination that provides the most amount of thrust and fuel efficiency is the LOX and liquid hydrogen combination. Therefore, this fuel combination is the focus of this paper. The main component of the LRE that plays a huge role in its robustness, performance, and the life-cycle cost is the combustion chamber. Therefore, testing of liquid rocket engines, especially the combustion chamber/thrust chamber, is an extremely complicated process, which has traditionally relied on expensive test set-ups and full-scale prototypes for development and testing. Since such systems are highly complicated, for the past decade the use of simulation and design tools like CFD have emerged to be reliable techniques for designing and testing these systems in the early phases of product development. Such methods are cost-effective and speed up the development and testing phases of these engines. In this paper, such a task of numerically modelling and simulating the combustion process of LOX and liquid hydrogen is performed and studied. The model used for the combustion chamber is a 2 dimensional axisymmetric model of the MASCOTTE combustor of the sub-critical combustion test case RCM-2 (Rocket Combustion Model). While entering the combustion chamber the oxygen is in the liquid phase and hydrogen is in the gaseous phase. This is done to simplify and improve the robustness of the model. The combustion is performed at a pressure of 10 bar chamber. The results of the combustion regarding the flame shape, flame temperature profile and the mass fractions of the various species involved in the combustion process are produced and compared with numerical and experimental results. The main flow phenomenon such as reactions and turbulence-chemistry interactions are considered using the adiabatic flamelet approach. The results regarding flame shape, flame temperature profile and mass fractions of the various species involved in the combustion process are compared with the numerical and experimental results.

References:

1. 2 nd International Workshop Rocket Combustion Modeling, Test Case RCM-2 Mascotte single injector -10 bar, March 25 - 27, 2001 DLR, Lampoldshausen.

2. Richard Farmer & Gary Cheng SECA, Inc. Yen-Sen Chen ESI, Inc., CFD Simulation of Liquid Rocket Engine Injectors Part 2. Simulations of the RCM-2 Experiment.

3. Mani Pourouchottamane, Francis Dupoirieux, Lucien Vingert, Mohammed Habiballah, and Victor Burnley., Numerical Analysis of the 10 Bar Mascotte Flow Field.

Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК» на жидких и газообразных углеводородных горючих

Абдуллин М.Р., Алтунин В.А., Алтунин К.В., Ефимов Д.Е.
КНИТУ-КАИ, г. Казань, Россия

Доклад посвящается 110-ой годовщине со дня рождения великого конструктора авиационных реактивных двигателей и энергоустановок Николая Дмитриевича Кузнецова.

На основе анализа конструктивной схемы и эксплуатации воздушно-реактивного двигателя (ВРД) марки НК-8-2У установлено, что через 900 циклов работы топливные форсунки могут полностью выйти из строя из-за осадкообразования. Частичное закоксовывание даже только

одной форсунки может привести к нерасчётному струйному распылу, к прогару жаровой трубы, к пожару и взрыву.

Подробно рассмотрены существующие и перспективные способы борьбы с осадкообразованием.

Экспериментально установлено, что электростатические поля предотвращают негативный процесс осадкообразования в жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях, значительно интенсифицируют теплоотдачу к ним в условиях естественной и вынужденной конвекции. Также установлено, что понижение температуры нагретого рабочего участка (детали) до температуры ниже 373 К в среде жидкого или газообразного углеводородного горючего предотвращает появление осадка. Эти способы борьбы с осадкообразованием отнесены к перспективным.

На основе результатов экспериментальных исследований разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы топливных форсунок, топливно-подающих каналов, топливных фильтров, в которых ведётся эффективная борьба с осадкообразованием различными способами: без применения электростатических полей, с их применением, гибридно.

В жидкостных ракетных двигателях (ЖРД) одно – и многоразового использования (ЖРДМИ) на жидких углеводородных горючих также происходит негативный процесс осадкообразования, особенно в каналах наружной регенеративной рубашки охлаждения в области критического сечения сопла, из-за чего происходит прогар стенки канала и взрыв двигателя. Кроме осадкообразования, в этих каналах возникают термо - акустические автоколебания (ТААК) давления, которые образуют локально-чередующиеся зоны перегревов стенки каналов в области критического сечения сопла, из-за чего также может произойти прогар и взрыв двигателя. ТААК давления также способствует откалыванию твёрдых углеродистых отложений, т.е. производит очистку топливно-охлаждающих каналов – этот способ борьбы отнесён к перспективному способу удаления осадка.

На основе проведённых экспериментальных исследований разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы ЖРД и ЖРДМИ на жидких и газообразных (на сжиженном метане) углеводородных горючих, в которых организована борьба с осадкообразованием и ТААК давления: без применения электростатических полей, с их применением, гибридно.

Материалы доклада будут способствовать дальнейшему совершенствованию различных ВРД, ЖРД и ЖРДМИ, в том числе, и марки «НК».

Some ways to improve engines and power plants of the "NK" brand on liquid and gaseous hydrocarbon fuels

Abdullin M.R., Altunin V.A., Altunin K.V., Efimov D.E.
KNRTU-KAI, Kazan, Russia

The report is dedicated to the 110th anniversary of the birth of the great designer of aircraft jet engines and power plants Nikolai Dmitrievich Kuznetsov.

Based on the analysis of the design and operation of the NK-8-2U air-jet engine (VRM), it was found that after 900 operating cycles, the fuel injectors can completely fail due to sedimentation. Partial coking of even only one nozzle can lead to an off-design spray, burnout of the flame tube, fire and explosion.

Existing and promising methods of combating sediment formation are considered in detail.

It has been experimentally established that electrostatic fields prevent the negative process of sedimentation in liquid and gaseous hydrocarbon fuels and coolants, and significantly intensify heat transfer to them under conditions of natural and forced convection. It has also been found that lowering the temperature of the heated working section (part) to a temperature below 373 K in a liquid or gaseous hydrocarbon fuel environment prevents the formation of sediment. These methods of combating sediment formation are classified as promising.

Based on the results of experimental studies, new design schemes for fuel injectors, fuel-supply channels, fuel filters have been developed and patented, in which an effective fight against sedimentation is carried out in various ways: without the use of electrostatic fields, with their use, hybrid.

In liquid propellant rocket engines (LRE) single - and reusable (LRMM) on liquid hydrocarbon fuels, a negative process of sedimentation also occurs, especially in the channels of the external regenerative cooling jacket in the area of the nozzle critical section, which causes burnout of the channel wall and explosion of the engine. In addition to sedimentation, thermo-acoustic self-oscillations (TAAK) of pressure arise in these channels, which form locally alternating zones of overheating of the channel walls in the region of the nozzle throat, which can also cause burnout and engine explosion. Pressure TAAK also promotes the chipping off of hard carbon deposits, i.e. cleans the fuel-cooling channels - this method of struggle is attributed to a promising method for removing sludge.

On the basis of the experimental studies carried out, new design schemes for liquid and gas-propellant rocket engines and rocket engines based on liquid and gaseous (on liquefied methane) hydrocarbon fuels have been developed and patented, in which the fight against sedimentation and pressure TAAK is organized: without the use of electrostatic fields, with their use, hybrid.

The materials of the report will contribute to the further improvement of various WFM, LPRE and LPRE, including the "NK" brand.

Исследование применения методов аддитивных технологий в модернизации трубчатого воздухо-воздушного теплообменника

[1]Агапов А.В., [1]Ионов А.В., [1]Селиверстов С.Д., [2]Вавилкин О.Н., [2]Стародумов А.В.
[1]МАИ, [2]ОКБ им. А. Люльки, г. Москва, Россия

Объектом исследования является воздухо-воздушный теплообменник, необходимый для охлаждения вторичного воздуха камеры сгорания, который поступает в охлаждаемые лопатки соплового аппарата. На данный момент изготовление модулей производится подетально, с последующей сборкой и пайкой. Для производства необходимы заготовки трубок, которые имеют различную геометрию, а, следовательно, несколько линий гибки, фланцев, которые изготавливаются фрезерованием, различные опорные элементы, дистанционные вставки и гофрированные пластины, изготавливаемые штамповкой.

Целью исследования является оценка возможности перехода от традиционного изготовления ВВТ к изготовлению с применением аддитивных технологий, с целью сокращения числа технологических операций, а, следовательно, времени и трудозатрат на изготовление одного модуля. В связи с переходом к изготовлению с помощью аддитивных технологий необходимо спроектировать конструкцию ТА с учетом ограничений, накладываемых данным способом производства, при этом сохранить или улучшить массогабаритные характеристики и увеличить его эффективность.

В ходе работы были произведены гидрогазодинамические расчеты модуля теплообменника, одного пучка трубок и трубки отдельно неизменённой конструкции. Расчеты проводились в программном комплексе Ansys-CFX.

По имеющимся экспериментальным данным проведено сравнение данных, полученных при расчете. Анализируя полученные данные, можно сказать, что воздух внутри ВВТ охлаждается примерно на 70-75˚С, а также обнаружены места с наибольшими гидравлическими потерями, что подтверждается экспериментом.

Для натурных исследований и отработки технологии печати была спроектирована конструкция образцов, которые в последующем были напечатаны. В качестве образца был выбран участок трубки, который представляет из себя колено. Данный участок был выбран, потому что является самым сложным по геометрии в плане производства аддитивными технологиями: имеется наклонный (нависающий) участок и переход от вертикального к горизонтальному расположению трубки.

С целью определения внутренней шероховатости выращенный образец был разделен вдоль оси трубки на две равные части. Для исследования зависимости шероховатости от угла нависания детали относительно плоскости печати были выбраны три участка, располагающихся под углами 0,45 и 90 градусов к плоскости печати. Измерения в участках проводились по шести отрезкам, а также было получено трехмерное представление каждого участка.

Также была проведена опрессовка выращенных образцов. По результатам опрессовки было установлено, что напечатанный образец соответствует требованиям технического задания по критерию герметичности.

Литература:

1. Светлаков А.Л., Вербанов И.С., Маслова Д.В., Гулимовский И.А., Шлякотин В.Е. Развитие методик расчета и проектирования теплообменных аппаратов авиационного назначения // Авиационные двигатели №4(5) – 2019г.

2. В.Г. Нестеренко, Р.Р. Аббаварам Воздухо-воздушные теплообменники системы охлаждения ротора турбины высокого давления в современных авиационных турбореактивных двухконтурных двигателях // Инженерный журнал: наука и инновации, 2018, вып.11.

3. Ардатов К.В., Нестеренко В.Г., Равикович Ю.А Классификация высокоэффективных рекуператоров газотурбинных двигателей // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 71

4. Силуянова М.В., Попова Т.В. Разработка методики проектирования и расчета теплообменного аппарата для газотурбинных двигателей сложного цикла // Труды МАИ. Выпуск № 85.

Research on the application of additive technology methods in the modernization of a tubular air-to-air heat exchanger

[1]Agapov A.V., [1]Ionov A.V., [1]Seliverstov S.D., [2]Vavilkin O.N., [2]Starodumov A.V.

[1]MAI, [2]A.Lyulka Design Bureau, Moscow, Russia

The object of the study is an air-to-air heat exchanger necessary for cooling the secondary air of the combustion chamber, which enters the cooled blades of the nozzle apparatus. At the moment, the modules are manufactured in detail, with subsequent assembly and soldering. For production, blanks of tubes are required, which have different geometries, and, consequently, several bending lines, flanges that are made by milling, various support elements, remote inserts and corrugated plates made by stamping.

The aim of the study is to assess the possibility of switching from the traditional manufacture of IWT to manufacturing using additive technologies, in order to reduce the number of technological operations, and consequently, time and labor costs for the manufacture of one module. In connection with the transition to manufacturing using additive technologies, it is necessary to design the design of the TA taking into account the limitations imposed by this method of production, while maintaining or improving the weight and size characteristics and increasing its efficiency.

In the course of the work, hydro-gas dynamic calculations of the heat exchanger module, one bundle of tubes and a tube of a separately unchanged design were performed. Calculations were carried out in the Ansys-CFX software package.

According to the available experimental data, the data obtained during the calculation were compared. Analyzing the data obtained, we can say that the air inside the IWT is cooled by about 70-75 C, and places with the greatest hydraulic losses are also found, which is confirmed by experiment.

For field research and development of printing technology, the design of samples was designed, which were subsequently printed. As a sample, a section of the tube was selected, which is a knee. This section was chosen because it is the most complex in geometry in terms of production by additive technologies: there is an inclined (overhanging) section and a transition from vertical to horizontal arrangement of the tube.

In order to determine the internal roughness, the grown sample was divided along the axis of the tube into two equal parts. To study the dependence of roughness on the angle of overhang of the part relative to the printing plane, three sections were selected, located at angles of 0, 45 and 90 degrees to the printing plane. Measurements in the sections were carried out on six segments, and a three-dimensional representation of each section was obtained.

The grown samples were also pressed. According to the results of the crimping, it was found that the printed sample meets the requirements of the technical specification for the criterion of tightness.

References:

1. Svetlakov A.L., Verbanov I.S., Maslova D.V., Gulimovsky I.A. Development of methods of calculation and design of heat exchangers for aviation purposes // Aviation engines No. 4(5) - 2019.
2. V.G. Nesterenko, R.R. Abbavaram Air-to-air heat exchangers of the high-pressure turbine rotor cooling system in modern aviation turbojet dual-circuit engines // Engineering journal: Science and Innovation, 2018, No. 11
3. Ardatov K.V., Nesterenko V.G., Ravikovich Y.A. Classification of highly efficient recuperators of gas turbine engines // Electronic journal "Proceedings of MAI". No. 71
4. Siluyanova M.V., Popova T.V. Development of a methodology for designing and calculating a heat exchanger for gas turbine engines of a complex cycle // The works of MAI. No. 85.

Исследование согласования воздухозаборника и двигателя сверхзвукового пассажирского самолета

[1]Алендарь А.Д., [1]Силуянова М.В., [2]Грунин А.Н.
[1]МАИ, [2]ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва, Россия

Работа направлена на исследование согласования воздухозаборника и двигателя сверхзвукового пассажирского самолета (СПС) с оценкой эффективных характеристик силовой установки (СУ). Воздухозаборник (ВЗ) – сверхзвуковой конвергентный нерегулируемый смешанного сжатия [1] – имеет шестиугольную форму входного сечения. Торможение воздушного потока осуществляется в трех скачках уплотнения (два косых скачка и один прямой скачок). Начало боковых щек ВЗ смещено вниз по потоку в целях увеличения перепуска воздуха на дроссельных режимах. Кромка обечайки выполнена с изломом в соответствии с линиями пересечения скачков уплотнения с плоскостью обечайки на расчетном числе Маха полета (М = 1,8) для достижения максимального коэффициента расхода. Также в конструкции ВЗ предусмотрена система слива пограничного слоя из горла. Двигатель – ТРДД двухвальной схемы с регулируемым соплом без подпорных ступеней. Для расчета внутренних и эффективных характеристик СУ использовалась математическая модель [2].

Рассмотрено влияние площади входа ВЗ на точку согласования ВЗ и двигателя на дроссельной характеристике ВЗ, а также потери эффективной тяги СУ. Получено, что при площади входа, соответствующей в крейсерских условиях (М = 1,8) угловой точке дроссельной характеристики ВЗ, в трансзвуковых условиях полета (М = 1,2) ВЗ не обеспечивает потребный расход воздуха. Увеличение площади входа ВЗ на 30% приводит к уменьшению эффективной тяги СУ на крейсерском режиме на 20 %. В трансзвуковых условиях такое изменение площади входа приводит к росту эффективной тяги на 15 % за счет увеличения внутренней тяги двигателя, которое вызвано ростом значения коэффициента восстановления полного давления. При этом, следует учитывать, что рабочая точка на дроссельной характеристике ВЗ на крейсерском режиме смещается в докритическую область, близкую к режиму работы с выбитой волной.

В качестве альтернативного варианта рассмотрена возможность увеличения расхода воздуха через ВЗ на трансзвуковых режимах за счет уменьшения расхода воздуха, сливаемого в горле ВЗ. Снижение расхода сливаемого воздуха на 60 % в условиях трансзвукового полёта позволяет уменьшить площадь входа ВЗ на 5 % при сохранении положения рабочей точки на дроссельной характеристике ВЗ. При этом эффективная тяга СУ увеличивается на 7 %, а на крейсерском режиме – на 3 %. При сохранении значения площади входа ВЗ, уменьшение расхода сливаемого воздуха приводит к росту эффективной тяги СУ на трансзвуковом режиме на 15 %. Тяга на крейсерском режиме остается неизменной.

• Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «24» июня 2021 г. №075-15-2021-605).

1. В.Г. Белова, В.А. Виноградов, Д.В. Комратов, В.А. Степанов, Д.Л. Захаров, В.П. Маслов Проработка облика интегрированного воздухозаборного устройства сверхзвукового делового/пассажирского самолета с модифицированной схемой сжатия и двухконтурным разделителем потоков на выходе. Международная научно-техническая конференция по

авиационным двигателям ICAM 2020: сборник тезисов / Государственный научный центр РФ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова». – М.: ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2020. С. 107-110.

2. Alendar', A.D., Siluyanova, M.V. Mathematical model of a supersonic aircraft propulsion system. Russian Engineering Research, 2021, 41(7), pp. 676–679.

Study of the air flow rate matching of the air intake and the engine of a supersonic passenger aircraft

[1]Alendar A.D., [1]Siluyanova M.V., [2]Grunin A.N.

[1]MAI, [2]CIAM, Moscow, Russia

The work is aimed at studying the matching of the air intake and the engine of a supersonic passenger aircraft with an analysis of the net characteristics of the power plant. Air intake type is supersonic, convergent, unregulated with mixed-compression scheme [1], having a hexagonal inlet section. The deceleration of the air flow is carried out in three shock waves (two oblique shocks and one normal shock). The beginning of the side cheeks of the air intake is displaced downstream in order to increase the air bypass at throttle modes. The shell edge is made with a break in accordance with the lines of intersection of the shocks with the shell plane at the ondesign flight Mach number (M = 1.8) to achieve the maximum flow rate. Also, the design of the air intake provides for a boundary layer bleed system. The engine is a two-shaft turbofan with a variable nozzle without booster stages. To calculate the internal and net characteristics of the propulsion system, a mathematical model was used [2].

The influence of the air intake inlet area on the operation point on the flow map of the air intake, as well as the loss of net thrust is considered. It was found that with the inlet area corresponding in cruising conditions (M = 1.8) to the critical point of the air intake flow map, in transonic flight conditions (M = 1.2), the air intake does not provide the required air flow. An increase in the inlet area by 30% leads to a decrease in the net thrust in cruise by 20%. Under transonic conditions, such a change in the inlet area leads to an increase in net thrust by 15% due to an increase in the internal thrust of the engine, which is caused by an increase in the value of the total pressure recovery. At the same time, it should be keep in mind that the operating point on the intake flow map in cruising mode is shifted to the subcritical region, close to the mode of operation with a bow wave.

As an alternative option, the possibility of increasing the air flow rate through the air intake in transonic modes by reducing the air flow bleed in the air intake throat is considered. Reducing the flow rate of bleed air by 60% in transonic flight conditions allows to reduce the intake area by 5% with maintaining the position of the operating point on the intake flow map. In this case, the effective thrust increases by 7%, and in the cruise – by 3%. While maintaining the value of the inlet area, a decrease in the bleed air flow leads to an increase in the effective thrust in the transonic mode by 15%. Cruise thrust remains unchanged.

• The publication was prepared as part of the implementation of the Program for the Creation and Development of a World-Class Scientific Center "The Supersonic" (Sverkhzvuk) for 2020-2025 with the financial support of the Ministry of Education and Science of Russia (agreement dated June 24, 2021, No. 075-15-2021-605).

1. V.G. Belova, V.A. Vinogradov, D.V. Komratov, V.A. Stepanov, D.L. Zakharov, V.P. Maslov Development of the appearance of an integrated inlet of a supersonic business/passenger aircraft with a modified compression scheme and a two-circuit flow divider at the output: Abstracts / National Research Center of the Russian Federation "Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov ". - M .: CIAM, 2020, pp. 107-110.

2. Alendar', A.D., Siluyanova, M.V. Mathematical model of a supersonic aircraft propulsion system. Russian Engineering Research, 2021, 41(7), pp. 676–679.

Разработка, математическое моделирование и анализ характеристик гибридного микро реактивного двигателя

Алпатов И.В., Боровиков Д.А., Пожидаев А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Совершенствование современной техники сопровождается уменьшением веса полезной нагрузки летательных аппаратов, что позволяет уменьшить массу планера и потребную тягу двигателя. Создание ГТД с уровнем тяги меняя 100 Н существенно осложнено высокими оборотами ротора, малыми размерами проточной части двигателя, а также сложностью изготовления лопаточных машин.

Для сверх малых БПЛА с взлетной массой менее 15 кг могут быть эффективными гибридные двигатели. Такой двигатель представляет собой компрессор с приводом от электромотора (ЭМ), что позволяет отказаться от использования турбины, и дает возможность увеличить температуру в камере сгорания, камеру сгорания (КС), выполненную конструктивно схожей с форсажными КС авиационных двигателей и плоское регулируемое сопло, а также аккумуляторную батарею для питания ЭМ.

На первом этапе была разработана конструкция двигателя, проведена оптимизация и выполнен расчет характеристик узлов. На втором этапе была разработана одномерная математическая модель и синтезированы алгоритмы управления расходом топлива и площадью среза реактивного сопла, обеспечивающие устойчивость работы в широком диапазоне внешних условий.

Для расчета было разработано представление комплекса математических моделей в виде связанного графа, включающего в себя все узлы двигателя, электромотор, батареи и элементов управления подачей топлива и выходным сечением реактивного сопла в ПО Amesim. Характеристика компрессора, используемая в модели, была получена в программном комплексе ANSYS CFX в результате газодинамического расчета в трехмерной постановке.

В результате расчётов были получены высотно-скоростные характеристики двигателя, а именно, удельный расход топлива, удельный расход электроэнергии и тяга двигателя в зависимости от высоты и скорости полета, оптимизированы алгоритмы управления выходным сечением реактивного сопла и подачей топлива. Заложена возможность подбора параметров аккумулятора и запаса топлива под заданный полетный цикл.

1. Боровиков, Д. А. Разработка гибридного реактивного двигателя для сверхмалых БПЛА / Д. А. Боровиков // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»: Тезисы 19-ой Международной конференции, Москва, 23–27 ноября 2020 года. – Москва,: Издательство "Перо", 2020. – С. 43-44.

2. Зиненков, Ю. В. Методика формирования технического облика и оценки эффективности силовой установки высотного беспилотного летательного аппарата / Ю. В. Зиненков, А. В. Луковников, М. Б. Слинко // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2016. – № 2-3. – С. 66-80.

3. Беспилотные летательные аппараты: Справ. / под ред. Н.Н. Новичкова. М.: АРМС-ТАСС, 2013. 456 с.

Development, numerical modeling and analysis of the characteristics of a hybrid micro jet engine

Alpatov I.V., Borovikov D.A., Pozhidaev A.A.
MAI, Moscow, Russia

The development of modern technology leads to a decrease in the payload weight of aircraft, which reduces the weight of the airframe and the required engine thrust. The creation of a gas turbine engine with a thrust level of 100 N is significantly complicated by the following things: high rotor speeds, small dimensions of the engine flow passage and the complexity of manufacturing impeller machines.

Hybrid engines can be effective for ultra-small UAVs with a take-off weight of less than 15 kg. Such an engine consists of a compressor driven by an electric motor (EM), which makes it possible to abandon the use of a turbine and increase the temperature in the combustion chamber, a combustion

chamber (CC) designed as an afterburner of aircraft engines and a flat variable-area nozzle, as well as a battery for powering the EM.

At the first stage, the engine design was developed, optimization was carried out and the characteristics of the parts were calculated. At the second stage, a one-dimensional mathematical model was developed and algorithms for controlling fuel consumption and variable-area of the jet nozzle were synthesized, ensuring stability of operation in a wide range of external conditions.

For the calculation, a representation of a complex of mathematical models was developed in the form of a bond graph, including all engine components, an electric motor, batteries and controls for fuel supply and nozzle exit area in Amesim software. The compressor performance curve used in the model was calculated in the ANSYS CFX software package as a result of gas-dynamic calculation in a three-dimensional formulation.

As a result of calculations, the altitude-velocity performance of the engine was obtained, namely, specific fuel consumption, specific power consumption and engine thrust depending on altitude and flight speed, control algorithms for the nozzle exit area and fuel supply were optimized. The model has the ability to select the parameters of the battery and fuel reserve for a given flight cycle.

Разработка малоразмерного реактивного двигателя на базе электромотора

Алпатов И.В., Боровиков Д.А., Пожидаев А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Применение схемы реактивного двигателя с электромотором для привода компрессора позволяет отказаться от использования турбины, за счет чего сильно падает трудоемкость, стоимость разработки и производства. За электромотором расположены камера сгорания, выполненная конструктивно схоже с форсажных камер сгорания и плоское реактивное сопло, которое позволяет обеспечить регулирование площади среза для обеспечения достаточного запаса газодинамической устойчивости компрессора за счет управления двумя створками.

Первым этапом работы было формирование облика корпуса двигателя для удобного размещения в летательном аппарате. Был выбран тип двигателя с постоянным периферийным диаметром. Корпус был разработан на основе имеющегося электродвигателя и представляет собой цилиндр, длиной до реактивного сопла, с отходящими от электромотора тремя стойками крепления. Стойки были разработаны с учетом минимизации их количества, веса и турболизации потока от вентилятора с сохранением необходимого запаса прочности.

Камера сгорания выполнена конструктивно схожей с форсажными камерами авиационных двигателей. Отсутствие турбины позволяет повысить температуру газа без необходимости значительного охлаждения. Для защиты корпуса от пламени имеется экран, выполненный из стали, расположенный на некотором удалении от внешнего корпуса, что позволяет охлаждать его за счет набегающего потока от вентилятора.

Топливный коллектор имеет три входных патрубка, входящих в основной контур под углом, который оптимизирован таким образом, чтобы образовывалось ламинарное/безотрывное течение топлива. Также были оптимизированы диаметр коллектора и внутренний размер сечения трубы-коллектора.

Форсунки были выполнены с учетом рекомендованной относительной длиной канала для формирования отрывного режима истечения. Была проведена работа по оптимизации размеров, количества и углов расположения форсунок для формирования качественного истечения, и распыла смеси, а также высокой полноты сгорания топлива. Количество форсунок было выбрано таким образом, чтобы входные патрубки обеспечивали равномерное давление подводимого топлива. Полученная оптимизацией углов закрутка форсунок позволила сформировать необходимый рисунок истечения топлива. Таким образом получилось достичь высоких показателей полноты сгорания с отводом струи пламени от корпуса для недопущения прогара стенок.

Реактивное сопло было выполнено по плоской конструктивной схеме, чтобы упростить управление площадью выходного сечения для предотвращения помпажа. Были оптимизированы длина сопла, размеры сторон и их соотношение. В результате расчетов

полученное реактивное сопло позволяет достичь максимальной тяги для данной конструктивной схемы двигателя

1. Боровиков, Д. А. Разработка гибридного реактивного двигателя для сверхмалых БПЛА / Д. А. Боровиков // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»: Тезисы 19-ой Международной конференции, Москва, 23–27 ноября 2020 года. – Москва,: Издательство "Перо", 2020. – С. 43-44.

2. Исследование жидкостных струйных форсунок ДЛА: метод. указания / сост.: В.С. Егорычев, В.В. Лапшин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2016. – 28 с

3. Зиненков, Ю. В. Методика формирования технического облика и оценки эффективности силовой установки высотного беспилотного летательного аппарата / Ю. В. Зиненков, А. В. Луковников, М. Б. Слинко // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2016. – № 2-3. – С. 66-80.

Development of a small-sized jet engine based on an electric motor

Alpatov I.V., Borovikov D.A., Pozhidaev A.A.
MAI, Moscow, Russia

The use of a jet engine circuit with an electric motor to drive a compressor makes it possible to abandon the use of a turbine, due to which the complexity, cost of development and production are greatly reduced. Behind the electric motor there is a combustion chamber designed as an afterburner and a flat jet nozzle, which has variable exit area to ensure a sufficient surge margin of the compressor by controlling two flaps.

The first stage of the work was the formation of the appearance of the engine case for convenient placement in the aircraft. The type of engine with a constant peripheral diameter was chosen. The body was developed on the basis of an existing electric motor and it is a cylinder, up to the jet nozzle, with three mounting posts extending from the electric motor. The mounting posts were designed to minimize their number, weight and turbulence of the flow from the fan while maintaining the necessary safety factor.

The combustion chamber is designed as afterburners of aircraft engines. The absence of a turbine makes it possible to increase the gas temperature without the need for significant cooling. There is a shield to protect the engine case from flame, made of steel, located at some distance from the outer case, which allows it to be cooled due to the incoming flow from the fan.

The fuel collector has three inlet pipes entering the main loop at an angle, which is optimized so that a laminar/continuous flow of fuel is formed. The diameter and the internal cross-section size of the collector pipe were also optimized.

The nozzles were made considering the recommended relative length of the channel for the formation of a tear-off flow mode. Optimization of the size, number and angles of the nozzles was carried out to form a high-quality outflow and spraying of the mixture, as well as high combustion efficiency. The number of injectors was chosen in such a way that the inlet pipes provided a uniform pressure of the supplied fuel. The twist of the injectors obtained by optimizing the angles made it possible to form the necessary pattern of fuel outflow. Thus, it turned out to achieve high rates of combustion efficiency with the removal of the flame jet from the case to prevent the walls from burning out.

The jet nozzle was made according to a flat design scheme to simplify the control of the exit area to prevent surging. The length of the nozzle, the dimensions of the sides and their ratio were optimized. As a result of calculations, the resulting jet nozzle allows to achieve maximum thrust for this design scheme of the engine.

Учет нестационарных эффектов в криогенных топливных магистралях криопланов

Асланов А.Р., Краев В.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Криогенное топливо в авиации имеет ряд особенностей по сравнению с авиационным керосином. Криогенное топливо, имеет большой хладоресурс и работоспособность до его сжигания, а также большую теплоту сгорания чем у керосина. Наиболее перспективным

криогенным топливом является сжижений природный газ (далее - СПГ), состоящий в основном из метана.

Криогенная топливная система (КТС) состоит из криогенного топливного бака, подкачивающего насоса, турбонасосного агрегата и теплообменного аппарата (ТА) газификатора.

Для проведения расчетно-теоретических исследований разработана математическая модель криогенной топливной системы. Основными параметрами являются: давление, температура, объемный расход, гидравлические потери, а также рассчитывается масса каждого элемента.

Переходные режимы полета, например, руление-взлет, длятся от нескольких долей секунд до нескольких секунд. Такие режимы с точки зрения тепловых и гидродинамических процессов являются существенно нестационарными. Применение т.н. квазистационарного подхода, когда коэффициент теплоотдачи и гидродинамического сопротивления рассчитываются по мгновенным параметрам, может привести к ошибке в расчетах более 100% [1]. Эксперименты показывают, что при смене режима работы двигателя, т.е. массового расхода жидкого топлива, могут возникать кратковременные скачки по теплоотдаче и гидравлическим сопротивлениям из-за изменения турбулентной структуры течения [2].

В процессе формирования облика КТС геометрические размеры элементов топливной системы, масса топливной системы, потери криогенного топлива и т.п. с контролем обеспечения работоспособности всех элементов топливной системы и двигателя должны определяться с учетом нестационарных процессов.

В работе получены результаты, показывающие существенный рост коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления в момент вывода двигателя на взлетный режим. Причиной такого изменения является перестройка структуры турбулентного течения в гидродинамически нестационарных условиях [2]. Коэффициент теплоотдачи может превышать значения, рассчитанные по стационарным зависимостям более 2-х раз, а коэффициент гидравлического сопротивления - более 3-х раз. Указанное отличие приводит к существенным нарушениям работы всей криогенной топливной системы, и может привести к отказам в работе.

Результаты расчетов показывают границы применимости квазистационарного подхода в зависимости от времени срабатывания топливной арматуры и диаметра топливных магистралей. В качестве решения авторы предлагают при нестационарных процессах продолжительностью менее 5 сек применять трубопроводы наименьшего диаметра и/или увеличивать мощность подкачивающих насосов.

Литература:

1. Краев В.М., Мякочин А.С. Анализ структуры гидродинамически нестационарного турбулентного течения в каналах энергоустановок летательных аппаратов. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2017. № 2. С. 75-81.

2. Kraev V.M, Myakochin A.S. The unsteady turbulent flows structure study present status. INCAS BULLETIN, Volume 11, Issue 2/ 2019

Consideration of non-stationary effects in cryogenic fuel lines of cryoplanes

Aslanov A.R., Kraev V.M.

MAI, Moscow, Russia

Cryogenic fuel in aviation has a number of features in comparison with aviation kerosene. Cryogenic fuel has a large engine life and performance before its combustion, as well as a greater heat of combustion than kerosene. The most promising cryogenic fuel is liquefied natural gas (hereinafter-LNG), consisting mainly of methane.

A cryogenic fuel system (CFS) consists of a cryogenic fuel tank, a booster pump, a turbopump unit, and a gasifier heat exchanger (HE).

A mathematical model of a cryogenic fuel system has been developed for carrying out computational and theoretical research. The main parameters are: pressure, temperature, volume flow, hydraulic losses, and the mass of each element is calculated.

Transient flight modes, such as taxiing-takeoff, last from a few fractions of seconds to a few seconds. Such regimes are essentially non-stationary from the point of view of thermal and hydrodynamic processes. The use of the so-called quasi-stationary approach, when the heat transfer coefficient and hydrodynamic resistance are calculated by instantaneous parameters, can lead to an error in the calculations of more than 100% [1]. Experiments show that when changing the mode of operation of the engine, and so on the mass flow of liquid fuel, short-term jumps in heat transfer and hydraulic resistances may occur due to changes in the turbulent flow structure [2].

In the process of forming the appearance of a CFS, the geometric dimensions of the fuel system elements, the mass of the fuel system, the loss of cryogenic fuel, etc. with the control of ensuring the performance of all elements of the fuel system and the engine must be determined taking into account non-stationary processes.

The results obtained show a significant increase in the coefficients of heat transfer and hydraulic resistance at the time of the engine output to take-off mode. The reason for this change is the restructuring of the turbulent flow structure in hydrodynamically unsteady conditions [2]. The heat transfer coefficient may exceed the values calculated from the stationary dependencies more than 2 times, and the coefficient of hydraulic resistance-more than 3 times. This difference leads to significant disruption of the entire cryogenic fuel system, and can lead to failures in operation.

The results of calculations show the limits of applicability of the quasi-stationary approach depending on the response time of the fuel valves and the diameter of the fuel lines. As a solution, the authors suggest that for non-stationary processes lasting less than 5 seconds, use pipelines of the smallest diameter and / or increase the power of pumping pumps.

Regerences:

1. Kraev V.M, Myakochin A.S. Analysis of the structure of hydrodynamically unsteady turbulent flow in the channels of power plants of aircraft. News of higher educational institutions. Aviation equipment. 2017. № 2. 75-81.

2. Kraev V.M, Myakochin A.S. The unsteady turbulent flows structure study present status. INCAS BULLETIN, Volume 11, Issue 2/ 2019

Эрозионная стойкость композитного покрытия TiN-Pb с различным содержанием Pb при воздействии воздушного потока с абразивными частицами

Бляхарский Я.С., Лесневский Л.Н., Лозован А.А., Николаев И.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Для борьбы с эрозионным износом в газотурбинных двигателях (ГТД) широко используются защитные покрытия. При разработке эрозионностойких покрытий для обеспечения надежности и повышения характеристик ГТД необходимо руководствоваться точным пониманием механизмов разрушения материала в результате эрозии твердыми частицами в воздушном потоке (частицы сталкиваются с поверхностями под разными углами падения: от углов скольжения до перпендикулярных ударов). В основном выделяют две основные категории систем материалов: на основе TiN и на основе углерода [1].

В данной работе рассматриваются композитные покрытия TiN с добавками Pb, которые наносились с помощью метода магнетронного распыления. Материал подложки – титановый сплав ВТ6. Содержание свинца в составе покрытия составляло 2, 6 и 10 ат. %. Более подробно свойства данной системы покрытий были исследованы в работах [2-6].

Эксперимент проводился на стенде по изучению абразивного износа конструкционных материалов и защитных покрытий. В качестве абразивных частиц использовался SiO2. Измерялись и вычислялись следующие параметры: время экспозиции (t, с); потеря массы образца (Δm, кг) за время экспозиции t образца на стенде. После испытаний проводилось измерение объемного износа на трехмерном измерительном лазерном микроскопе Olympus LEXT OLS 5000. С помощью метода сканирующей электронной микроскопии на микроскопе Carl Zeiss EVO-40 исследовалась морфология, структура пятен износа и покрытий. Измерение химического состава проводилось методом энергодисперсионного микроанализа INCA Oxford instr. Экспериментальным путем показано, что у образца, содержащего наибольшее

количество свинца (10 ат. %), величина объемного эрозионного износа меньше по сравнению с образцами, имеющими в составе 2, 6 ат. % свинца.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0014.

1. E. Bousser, L. Martinu, J.E. Klemberg-Sapieha. Solid particle erosion mechanisms of protective coatings for aerospace applications // Surface and Coatings Technology, Volume 257, 2014, Pages 165-181.

2. Лесневский Л.Н., Клопов С.Г., Тюрин В.Н., Ушаков А.М. Получение композиционных пленок с нанослоями системы TiN-Pb в магнетронной распылительной системе // Материалы Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии и информационные технологии XXI века». – М.: МГОУ, 2006 С. 69-72

3. Lozovan A. A., Betsofen S. Y., Lyakhovetskiy M. A., Lesnevskiy L. N., Bespalov A. V., Nikolaev I. A., Pavlov Y. S. and Aleksandrova S. S. Study of ion assisted sputtering process parameters influence on the structure and morphology of TiPb coating // 2019 Journal of Physics: Conference Series 1396 012029

4. Lyakhovetskiy M. A. et al. Tribological properties of solid lubricating coatings of the TiN-Pb system at various Pb content //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. – Т. 1713. – №. 1. – С. 012029.

5. Lozovan A. A. et al. Reactive magnetron sputtering of TiN-Pb coatings using two metal targets //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1799. – №. 1. – С. 012019.

6. Lozovan A. A. et al. Influence of magnetron spraying parameters on the structure of TiN-Pb coatings //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1954. – №. 1. – С. 012029.

Erosion resistance of TiN-Pb composite coating with different Pb content when exposed to air flow with abrasive particles

Blyakharsky Ya.S., Lesnevsky L.N., Lozovan A.A., Nikolaev I.A.
MAI, Moscow, Russia

Protective coatings are widely used in gas turbine engines (GTE) to combat erosion wear. When developing erosion-resistant coatings to ensure reliability and improve the characteristics of GTE, it is necessary to be guided by an accurate understanding of the mechanisms of material destruction as a result of erosion by solid particles in the air stream (particles collide with surfaces at different angles of incidence: from sliding angles to perpendicular impacts). Basically, there are two main categories of material systems: TiN-based and carbon-based [1].

In this paper, TiN composite coatings with Pb additives are considered, which were applied using the magnetron sputtering method. The substrate material is titanium alloy VT6. The lead content in the coating composition was 2, 6 and 10 at. %. The properties of this coating system were studied in more detail in [2-6].

The experiment was conducted at a stand for the study of abrasive wear of structural materials and protective coatings. SiO2 was used as abrasive particles. The following parameters were measured and calculated: exposure time (t, s); sample mass loss (Δm, kg) during the exposure time t of the sample on the stand. After the tests, volumetric wear was measured using a three-dimensional measuring laser microscope Olympus LEXT OLS 5000. Using the method of scanning electron microscopy on a Carl Zeiss EVO-40 microscope, the morphology and structure of wear spots and coatings were studied. The chemical composition was measured by the method of energy dispersive microanalysis INCA Oxford instr. It has been experimentally shown that the sample containing the largest amount of lead (10 at. %), the amount of volumetric erosive wear is less compared to samples containing 2.6 at. % lead.

The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia, the topic number FSFF-2020-0014.

1. E. Bousser, L. Martinu, J.E. Klemberg-Sapieha. Solid particle erosion mechanisms of protective coatings for aerospace applications // Surface and Coatings Technology, Volume 257, 2014, Pages 165-181.

2. Лесневский Л.Н., Клопов С.Г., Тюрин В.Н., Ушаков А.М. Получение композиционных пленок с нанослоями системы TiN-Pb в магнетронной распылительной системе // Материалы Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии и информационные технологии XXI века». – М.: МГОУ, 2006 С. 69-72

3. Lozovan A. A., Betsofen S. Y., Lyakhovetskiy M. A., Lesnevskiy L. N., Bespalov A. V., Nikolaev I. A., Pavlov Y. S. and Aleksandrova S. S. Study of ion assisted sputtering process parameters influence on the structure and morphology of TiPb coating // 2019 Journal of Physics: Conference Series 1396 012029

4. Lyakhovetskiy M. A. et al. Tribological properties of solid lubricating coatings of the TiN-Pb system at various Pb content //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. – Т. 1713. – №. 1. – С. 012029.

5. Lozovan A. A. et al. Reactive magnetron sputtering of TiN-Pb coatings using two metal targets //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1799. – №. 1. – С. 012019.

6. Lozovan A. A. et al. Influence of magnetron spraying parameters on the structure of TiN-Pb coatings //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1954. – №. 1. – С. 012029.

Моделирование взаимодействия дырок, сгенерированных перезарядочной плазмой, с накопленными электронами радиационно-заряженного диэлектрика

Валиуллин В.В., Надирадзе А.Б.

МАИ, г. Москва, Россия

Космический аппарат (КА) на орбите земли подвергается множеству электрофизических факторов, одним из которых является электризация и электроразрядная деградация, способные существенно повлиять на электрофизические свойства поверхности.

Данные процессы могут усугубляться при появлении перезарядочной плазмы, генерируемой электроракетным двигателем. При наличии этой плазмы в окрестности радиационно-заряженной диэлектрической поверхности может происходить пробой поверхностного слоя диэлектрика, что отрицательно сказывается на функционировании КА.

Пробой в диэлектрике возникает между положительно и отрицательно заряженными слоями материала. Отрицательно заряженный слой образуется при радиационной зарядке диэлектрика магнитосферной плазмой. Электроны магнитосферной плазмы накапливаются на энергетических ловушках диэлектрика на глубине порядка нескольких десятков мкм от поверхности. Положительно заряженный слой образуется путем имплантации ионов перезарядочной плазмы в приповерхностный слой диэлектрика и путем генерации дырок в этом слое при ионно-электронной эмиссии вторичных электронов с поверхности материала. Положительно заряженный слой в диэлектрике располагается на глубине порядка нескольких нм от поверхности.

В данной работе предпринята попытка описать кинетику релаксации накопленного заряда в рамках модели плоского конденсатора. Перетекание зарядов определяется проводимостью диэлектрика, которая оценивается в зависимости от напряженности поля между «обкладками» конденсатора по модели Пула-Френкеля.

1. Новиков Л.С. и др. Электризация космических аппаратов в магнитосферной плазме. В кн.: Модель космоса, 8-е издание, т.2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Л.С. Новикова, –М.: Изд-во “Книжный дом Университет”, 2007, с.236–275.

2. Бляхарский С.С., Бляхарский Я.С., Надирадзе А.Б. Релаксация электрического заряда диэлектрических материалов в плазме электроракетного двигателя // Учен. зап. физ. фак-та Моск. ун-та. 2020.

3. Meyza X. Secondary electron emission and self-consistent charge transport and storage in bulk insulators: Application to alumina /X. Meyza [et al.] // J. Appl. Phys. – 2003. – V. 94. – P. 5384-5392.

4. О.В. Козлов, «Электрический зонд в плазме», книга, М., Атомиздат, 1969г., Главы 1-4.

Simulation of the interaction of holes generated by a recharged plasma with accumulated electrons of a radiation-charged dielectric

Valiullin V.V., Nadiradze A.B.
MAI, Moscow, Russia

A spacecraft in Earth orbit is subjected to a variety of electrophysical factors, one of which is electrification and electric-discharge degradation, which can significantly affect the electrophysical properties of the surface.

These processes can be aggravated by the appearance of recharging plasma generated by an electric rocket engine. In the presence of this plasma in the vicinity of a radiation-charged dielectric surface, a breakdown of the surface layer of the dielectric can occur, which negatively affects the functioning of the spacecraft.

A breakdown in the dielectric occurs between positively and negatively charged layers of the material. A negatively charged layer is formed when a dielectric is radiation-charged with magnetospheric plasma. The electrons of the magnetospheric plasma accumulate on the energy traps of the dielectric at a depth of about several tens of microns from the surface. A positively charged layer is formed by implanting recharge plasma ions into the near-surface layer of the dielectric and by generating holes in this layer during ion-electron emission of secondary electrons from the surface of the material. The positively charged layer in the dielectric is located at a depth of about several nm from the surface.

In this paper, an attempt is made to describe the kinetics of relaxation of the accumulated charge within the framework of a flat capacitor model. The flow of charges is determined by the conductivity of the dielectric, which is estimated depending on the field strength between the "plates" of the capacitor according to the Poole-Frenkel model.

Балансовая математическая модель высокочастотного ионного двигателя с прямоточной конфигурацией разрядной камеры

Гордеев С.В., Канев С.В., Мельников А.В., Хартов С.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Существуют задачи, требующие снижения высоты орбиты космических аппаратов (КА). При этом ограничением является наличие силы аэродинамического сопротивления верхних слоев атмосферы, которую необходимо компенсировать тягой электроракетного двигателя (ЭРД). Существует идея использования газов остаточной атмосферы в качестве рабочего тела (РТ) для ЭРД для уменьшения запасов РТ на борту КА, то есть перехода к прямоточной схеме ЭРД. Экспериментальные исследования работы ЭРД по прямоточной схеме (с подачей РТ в виде ускоренной струи в устройство забора атмосферных газов (УЗАГ)) сопряжены с необходимостью решения ряда проблем. При этом более простой является задача исследования работы ЭРД с прямоточной конфигурацией разрядной камеры, при подаче РТ в область ионизации, и с возможностью его истечения как через выходную часть двигателя в виде ускоренной струи, так и через входной канал УЗАГ. В данном случае, по результатам исследования можно будет сделать предварительные выводы об области работоспособности двигателя.

В работе рассматривается высокочастотный ионный двигатель (ВЧИД) с прямоточной конфигурацией разрядной камеры. Разработана балансовая математическая модель такого двигателя при использовании азота в качестве РТ. Такая модель позволяет предварительно оценить параметры двигателя для последующего экспериментального исследования.

Отличием данной математической модели от существующих моделей высокочастотных ионных двигателей [1,2] является её простота и быстродействие, кроме того данная математическая модель разработана специально для расчета работы ВЧИД с прямоточной конфигурацией разрядной камеры при подаче рабочего тела в область ионизации.

Для верификации математической модели использовались экспериментальные данные, полученные ранее для ВЧИД с прямоточной конфигурацией разрядной камеры, работающего на азоте. Отличия результатов расчета и эксперимента составили не более 20%.

1) S.V. Gordeev, S.V. Kanev and S.A. Khartov “Numerical mathematical model for calculating ion density in the gas-discharge chamber of a radio-frequency ion thruster” IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1479, 2020, 012057, IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1479/1/012057
2) Гордеев С.В., Канев С.В., Суворов М.О., Хартов С.А. Оценка параметров прямоточного высокочастотного ионного двигателя // Труды МАИ. 2017. № 96. URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=85709

Balance Mathematical Model of Radio-Frequency Ion Thruster with a Ramjet Discharge Chamber Configuration

Gordeev S.V., Kanev S.V., Melnikov A.V., Khartov S.A.
MAI, Moscow, Russia

There are tasks that require lowering the spacecraft (SC) orbit altitude. In this case, the limitation is the presence of the aerodynamic drag force of the upper layers of the atmosphere, which needs to be compensated by the thrust of the electric propulsion (EP). There is an idea of using the gases of the residual atmosphere as a propellant for the EP to reduce its on-board storage i. e. of the transition to ramjet scheme of the EP. Experimental studies of the EP operation in the ramjet mode (with the supply of propellant in the form of an accelerated jet into the atmospheric gas intake device (AGID)) are associated with the number of problems. At the same time, a simpler task is to study the EP operation with ramjet discharge chamber configuration, when the propellant is fed to the ionization region and with the possibility of its outlet both through the output boundary of the thruster in the form of an accelerated jet and through the input channel of the AGID. In this case, as result of the study, it will be possible to make preliminary conclusions about the field of operability of such thruster.

The paper considers a radio-frequency ion thruster (RIT) with a ramjet discharge chamber configuration. A balance mathematical model of such thruster operating with nitrogen as propellant has been developed. This model allows us to pre-evaluate the parameters of the thruster for the further experimental research.

The difference between this mathematical model and the existing RIT models [1,2] is its simplicity and high performance. Besides, this mathematical model is developed specifically to calculate the RIT operation with a ramjet discharge chamber configuration when the propellant is fed into the ionization region.

To verify the mathematical model, we used experimental data obtained earlier for an RIT with a ramjet discharge chamber configuration firing with nitrogen. The differences between the results of the calculation and the experiment were no more than 20%.

1) S.V. Gordeev, S.V. Kanev and S.A. Khartov “Numerical mathematical model for calculating ion density in the gas-discharge chamber of a radio-frequency ion thruster” IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1479, (2020), 012057, IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1479/1/012057
2) S.V. Gordeev, S.V. Kanev M.O. Suvorov, S.A. Khartov. Evaluation of high-frequency ion thruster parameters. Trudy MAI. 2017. No. 96
URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=85709.

Формирование программных решений инженерной математической модели комбинированных силовых установок на базе ГТД

Грунин А.Н., Алендарь А.Д., Силуянова М.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время вопрос создания гражданских высокоскоростных летательных аппаратов, способных преодолевать большие расстояния за малый промежуток времени, переходит от стадии теоретического исследования к стадии формирования научно-технического задела и его практической реализации, о чем свидетельствуют работы конструкторских организаций по всему миру. На этапе предпроектных исследований одной из главных задач является создание математических моделей функционирования комбинированных силовых установок (КСУ).

В данной работе рассмотрены вопросы математического моделирования КСУ на базе газотурбинного двигателя коаксиальной и параллельной схемы. Данная комплексная математическая модель подразумевают в себе модель входного устройства, газотурбинного контура (турбореактивные двигатели различных схем), прямоточного контура (обводного канала при коаксиальной схеме и прямоточного двигателя с дозвуковыми скоростями газовоздушного потока при параллельной схеме), а также створок регулирования критического сечения выходного устройства.

Математическая модель КСУ позволяет выполнять расчеты тягово-экономических и эффективных характеристик, а также параметров потока по тракту путём решения системы нелинейных уравнений описывающей условия совместной работы узлов в системе силовой установки. В качестве основного метода решения уравнений используется метод Ньютона или последовательных приближений.

Данная модель осуществляет моделирование трех характерных режимов работы: газотурбинного, прямоточного, совместного. При этом математическая модель КСУ параллельной схемы предусмотрено два режима совместной работы с газотурбинным контуром: с работающей прямоточной камерой сгорания; с перепуском избыточного воздуха из входного устройства через прямоточный контур.

Также математическая модель КСУ предусматривает описание газодинамических процессов с учётом, в равновесном приближении, реакции диссоциации и рекомбинации. При этом определение параметров газовой смеси в соответствующих сечениях силовой установки сводится к решению, в общем случае, уравнений для соответствующих термодинамических процессов.

Formation of software solutions for an engineering mathematical model of combined propulsion system based on a gas turbine engine

Grunin A.N., Alendar A.D., Siluyanova M.V.
MAI, Moscow, Russia

Currently, the issue of creating high-speed aircraft capable of covering long distances in a short period of time is moving from the stage of theoretical research to the stage of creating a scientific and technical groundwork and its practical implementation, which indicates the work of design organizations around the world. At the stage of pre-design studies, one of the main tasks is to create mathematical models of the functioning of combined propulsion systems.

This paper discusses the issues of mathematical modeling of combined propulsion system based on a gas turbine engine of coaxial and parallel circuits. This complex mathematical model includes a model of an air intake, a gas turbine circuit (turbo engines of various schemes), a direct-flow circuit (a bypass channel with a coaxial circuit and a ramjet engine with subsonic gas-air flow velocities in a parallel circuit) and nozzle.

The mathematical model of combined propulsion system allows calculating the traction-economic and effective characteristics, as well as the flow parameters along the path by solving a system describing the conditions for joint operation of nodes in the propulsion system. As the main method of solution, the method of Newton or successive approximations is used.

This model simulates three typical operating modes: gas turbine, ramjet and joint. At the same time, the mathematical model of the parallel combined propulsion system provides for two modes of joint operation with the gas turbine circuit.

Also, the mathematical model of combined propulsion system provides for the description of gas-dynamic processes, taking into account, in the equilibrium approximation, the reaction of dissociation and recombination. In this case, the determination of the parameters of the gas mixture in the general sections of the propulsion system is reduced to, in the general case, equations for the corresponding thermodynamic processes.

Нагрузки в узлах газотурбинных двигателей с противовращением роторов при эволюциях самолета

[1]Давыдов А.В., [1]Леонтьев М.К., [2]Дегтярев С.А.
[1]МАИ, г. Москва; [2]ООО "Альфа-Транзит", г. Химки, Россия

Противовращение роторов – одно из направлений в улучшении эксплуатационных характеристик двигателей для транспортной и боевой авиации. Противоположное вращение роторов ТВД и ТНД позволяет снизить нагрузки на узлы подвески двигателя при эволюциях самолета по тангажу и рысканию. Это особенно важно тех случаях, когда к системе управления самолета предъявляются специальные требования, например, при создании самолета вертикального взлета-посадки или для так называемой сверх маневренности. Конструкция двигателя с противовращением роторов существенно меняет также и динамические свойства системы «ротор-корпус-подвеска» двигателя. Следует отметить следующие особенности такого влияния.

При вращении в одну сторону гироскопические моменты, возникающие вследствие угловых перемещений роторов направлены в одну сторону и суммируются при их воздействии на опорные узлы конструкции двигателя, его подвеску. При противовращении роторов гироскопические моменты имеют разный знак и могут несколько компенсировать друг друга, как при воздействии на опорные узлы роторов, так и уменьшая суммарный гироскопический момент на подвеску. Особенно этот эффект может проявится в случае больших угловых скоростей при эволюциях самолета.

При однонаправленном вращении дисбалансные силы от роторов возбуждают только формы колебаний, соответствующие прямым синхронным прецессиям. Формы колебаний с обратными прецессиями, которые являются неотъемлемым свойством роторных систем, практически не возбуждаются. Противовращение приводит к тому, что дисбалансные нагрузки от разных роторов, имеющие противоположное вращение возбуждают как собственные формы с прямым прецессионным движением, так и формы другого ротора с обратными прецессиями. Для возбуждающего ротора эти формы становятся формами с прямым прецессионным движением. Возбуждение может осуществляться через связи роторов между собой – либо через межроторные подшипники, либо через корпуса и опоры. Это значит, что в частотном спектре появляются дополнительные резонансные режимы.

Полученные результаты показывают сильное влияние противовращения на нагрузки в опорах в случае наличия "сильных" связей между роторами, например, межроторных подшипников, и в меньшей степени в случае их отсутствия, когда динамическая связь между роторами осуществляется только через корпус. В то же время противовращение существенным образом перераспределяет нагрузки в подвеске двигателя.

Loads in elements of gas turbine engines with counterrotating rotors during airplane evolutions

[1]Davydov A.V., [1]Leontyev M.K., [2]Degtyarev S.A.
[1]MAI, Moscow, [2]Alfa-Tranzit Ltd, Khimki, Russia

Rotors counter-rotation allows improvement of aero engine operation performance. Opposite direction of the High Pressure and Low Pressure rotors rotation reduces loads on the engine supports at pitch and yaw aircraft maneuvers. This is especially important for the special aircraft control systems, for example for the vertical takeoff and landing or the super-maneuverability. The rotors counter-rotation remarkably changes dynamic performance of the “rotor-casing-support” system. This influence causes the following specific effects.

In a co-rotation system, the gyroscopic moments produced by the rotors angular motions have equal directions and their loads upon the engine supports are summarized. In the counter-rotation case the moments have opposite directions so they may partly balance each other actions in the supports loading, so the total gyroscopic moment upon the engine support will be reduced. This effect is especially essential at the large angular velocities of the aircraft maneuvers.

In the co-rotation case unbalance loads excite only the direct synchronous precession oscillation modes. The reverse precession modes are an integral feature of all rotor systems but in practice they

are not excited. In the counter-rotation case the unbalance loads of different rotors excite the both direct precession natural modes and the other rotor reverse precession. For the exciter rotor these modes are the direct precession. The excitement may be transmitted by the inter-rotor connections, the inter-shaft bearing or supports and casing. This means that the frequency spectrum may show additional resonances.

The results show strong counter-rotation influence upon the support loads in the case of “strong” inter-shaft connections, for example the inter-rotor bearings. When this type of connections is absent this effect is weaker for example when the rotors are connected only through a casing. Together with this the counter-rotation remarkably re-distributes the engine support loads.

К вопросу об удельных характеристиках импульсных плазменных двигателей

Дьяконов Г.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе рассмотрены известные из литературы [1, 2] удельные характеристики электроракетных двигателей (ЭРД) и двигательных установок (ЭРДУ), такие как:

• Удельный импульс тяги, численно равный отношению тяги ЭРД к секундному расходу рабочего тела;

• Энергетический КПД, равный отношению полной (тепловой и кинетической) мощности потока плазмы к мощности, потребляемой двигательной установкой;

• Тяговый КПД (тяговая эффективность), равный отношению кинетической мощности потока плазмы к мощности, потребляемой двигательной установкой;

• Цена тяги, равная отношению потребляемой мощности к тяге ЭРДУ;

• Впервые введенный в работе [3] эффективный удельный импульс тяги, равный отношению суммарного импульса тяги двигательной установки за весь срок активного существования космического аппарата к полной массе двигательной установки, включая массу двигателя, массу его системы питания и управления (СПУ) и массу системы хранения и подачи рабочего тела (СХПРТ) с полным его запасом.

Показана различная роль численных оценок удельных характеристик ЭРДУ при проектировании двигательных установок на базе импульсных плазменных двигателей (ИПД). Так:

• Удельный импульс тяги и цена тяги определяют эффективность организации процесса ускорения плазмы в сравнении с другими двигателями, близкими по принципу действия и назначения, и являются показателями совершенства ИПД;

• Энергетический КПД важен для теплового расчета двигательной установки и космического аппарата в целом;

• Тяговый КПД, традиционно рассчитываемый по измеренной средней тяге и среднему расходу ЭРД, из-за большого разброса скоростей плазменного потока в импульсных плазменных двигателях, не отражает физического смысла КПД как отношения кинетической энергии потока к энергии, подводимой к двигателю, и поэтому не может считаться показателем совершенства ИПД. Сравнение импульсных и стационарных ЭРД по величине тяговой эффективности может приводить к неверным выводам;

• Эффективный удельный импульс тяги в наибольшей степени отражает совершенство двигательной установки в целом и может использоваться при сравнении ЭРДУ различных типов.

Литература:

1. Гришин С.Д., Лесков Л.В. Козлов Н.П. Плазменные ускорители. -М.: Машиностроение, 1983. -231 с.

2. Александров В.А. и др. Импульсные плазменные ускорители. –Харьков: ХАИ, 1983. -247 с.

3. Popov G.A., Antropov N.N. Ablative PPT. New Quality, New Perspectives // Acta Astronautica, 2006. 59. -p.175-180.

On the issue of specific characteristics of pulsed plasma thrusters

Diakonov G.A.
MAI, Moscow, Russia

The paper considers the specific characteristics of EPT and EPS known from the literature [1, 2], such as:

• Specific thrust impulse, numerically equal to the ratio of the thrust of the EPT to the second flow rate of the working fluid;

• Energy efficiency equal to the ratio of the total (thermal and kinetic) power of the plasma flow to the power consumed by the propulsion system;

• Thrust efficiency, equal to the ratio of the kinetic power of the plasma flow to the power consumed by the propulsion system;

• The thrust cost, equal to the ratio of power consumption to the thrust of the EPS;

• The effective specific thrust impulse introduced for the first time in [3], equal to the ratio of the total thrust impulse of the propulsion system for the entire period of the spacecraft's active existence to the total mass of the propulsion system, including the mass of the thruster, the mass of its PPU and the mass of the storage and supply system of the working fluid with its full reserve.

The different role of numerical estimates of specific characteristics of the EPS in the design of propulsion systems based on PPT is shown. So:

• The specific thrust impulse and the thrust cost determine the efficiency of the arrangement of the plasma acceleration process in comparison with other engines similar in principle of operation and purpose, and are indicators of the perfection of the PPT;

• Energy efficiency is important for the thermal calculation of the propulsion system and the spacecraft as a whole;

• Thrust efficiency, traditionally calculated from the measured average thrust and average consumption of the EPT, due to the large spread of plasma flow velocities in PPT, does not reflect the physical meaning of efficiency as the ratio of kinetic energy of the flow to the energy supplied to the thruster, and therefore cannot be considered an indicator of the perfection of the PPT. Comparison of pulsed and stationary EPTs in terms of thrust efficiency may lead to incorrect conclusions;

• The effective specific thrust impulse reflects to the greatest extent the perfection of the propulsion system as a whole and can be used when comparing different types of airdus.

References:

1. Grishin S.D., Leskov L.V. Kozlov N.P. Plasma accelerators. -M.: Mashinostroyenie, 1983. -231 p. (in Russian)

2. Alexandrov V.A. et al. Pulsed plasma accelerators. -Kharkiv: KHAI, 1983. -247 p. (in Russian)

3. Popov G.A., Antropov N.N. Ablative PPT. New Quality, New Perspectives // Acta Astronautica, 2006. 59. -p.175-180.

Исследование обрабатываемости методом микродугового оксидирования сплава AlSi10Mg, полученного методом селективного лазерного плавления

Еремкина М.С., Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Николаев И.А.
МАИ, г. Москва, Россия

При разработке и создании изделий авиационной и космической техники большое внимание уделяется защите от эрозии, коррозии и износа различных элементов, изготавливаемых из литьевых алюминиевых сплавов с различным содержанием кремния [1, 2]. При этом интенсивно развивается изготовление таких элементов с использованием методов аддитивной технологии, и в том числе методов селективного лазерного плавления (СЛП), и в частности, из сплава AlSi10Mg [3]. Для обеспечения его защиты можно использовать керамикоподобные покрытия, получаемые микродуговым оксидированием (МДО) [4]. Однако, анализ малочисленных работ по МДО обрабатываемости сплава AlSi10Mg, получаемых методом СЛП, показал, что это является сложной задачей, поиск решения которой находится в начальной стадии.

В настоящей работе МДО покрытия были получены на автоматизированной установке микродугового оксидирования в силикатно-фосфатном электролите следующего состава:

KOH – 3 г/л, Na2SiO3 – 10 г/л, Na4P2O7 – 10 г/л. Плотность тока принималась равной 25 А/дм^2, а время оксидирования образцов из сплава AlSi10Mg, размером 15×15 мм варьировалось от 50 до 350 мин. Основная цель работы заключалась в определении зависимости толщины и морфологии формируемых покрытий от времени оксидирования. Было установлено, что покрытия на всех временных режимах характеризуются неравномерной толщиной слоя по всей поверхности образца и наличием пор. При максимальной длительности процесса (350 мин) – толщина покрытия варьируется от 150 до 473 мкм, при этом покрытие имеет неоднородную структуру, характеризуется значительным количеством пор и трещин по всей толщине, а также имеет единичные поры размером до 100 мкм. При минимальном принятом времени оксидирования (50 мин) толщина оксидного слоя лежит в диапазоне 22 – 60 мкм. Наиболее эффективным временем оксидирования с получением покрытия с более однородной структурой в рабочем слое и с присутствием единичных пор оказалось 120 минут, при этом толщина покрытия варьировалась от 100 до 270 мкм. Предложен и обсуждается способ получения равномерной толщины покрытий.

1. Криштал М.М., Ивашин П.В., Полунин А.В., Боргардт Е.Д., Твердохлебов А.Я. Повышение эффективности технологии микродугового оксидирования алюминиево-кремниевых сплавов. // Вектор науки ТГУ, 2015, № 2 (32-2). С. 86-93.

2. Басов А.А., Еремкина М.С., Караваев К.А. и др. Микродуговое оксидирование в технологии защитных и твёрдых смазочных покрытий элементов космических аппаратов / Материалы XXVII Международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А.Г. Горшкова – Калужская обл., г. Кремёнки, санаторий «Вятичи», 17 – 21 мая 2021 г. – Т. 1. – М.: ООО «ТРП», 2021. – С. 38 – 39.

3. Галиновский А.Л., Голубев Е.С., Коберник Н.В., Филимонов А.С. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: Учебное пособие для вузов. – М.:Изд-во Юрайт, 2020 – 115с.

4. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. Т. 2 Под ред. И.В.Суминова. М.: Техносфера, 2011. -512 с.

5. L.Pezzato, M. Dabala, S.Cross, K. Brunelli Effect of microstructure and porocity of AlSi10Mg alloy produced by selective laser melting on the corrosion properties of plasma electrolytic oxidation coating // Surface Coatings and Technology, 2020. V.404. - 27 p.

Processibility by micro-arc oxidation of AlSi10Mg alloy obtained by selective laser melting

Eremkina M.S., Lesnevsky L.N., Lyakhovetsky M.A., Nikolaev I.A.
MAI, Moscow, Russia

At the developing and creating of aviation and space products, much attention is paid to the protection against erosion, corrosion and wear of various elements made of cast aluminum alloys with different silicon contents [1, 2]. At the same time, the manufacture of such elements is intensively developing using the methods of additive technology, including the methods of selective laser melting (SLM), and in particular, from the AlSi10Mg alloy [3]. To ensure its protection, can use the ceramic-like coatings obtained by microarc oxidation (MAO) [4]. However, the analysis of the small number of works on MAO processibility of the AlSi10Mg alloy obtained by the SLM showed that this is a difficult task, the search for a solution to which is in the initial stage.

In this work, MAO coatings were obtained on an automated MAO unit in a silicate-phosphate electrolyte of the following composition: KOH – 3 g/L, Na2SiO3 – 10 g/L, Na4P2O7 – 10 g/L. The current density was taken to be 25 A/dm^2, and the time of oxidation of samples from the AlSi10Mg alloy 15 × 15 mm in size, varied from 50 to 350 min. The main goal of the work was to determine the dependence of the thickness and morphology of the formed coatings from the oxidation time. It was found that the coatings in all time modes are characterized by an irregularity layer thickness over the entire surface of the sample and the presence of pores. At the maximum duration of the process (350 min), the thickness of the coating varies from 150 to 473 microns, while the coating has an inhomogeneous structure, is characterized by a significant number of pores and cracks throughout the entire thickness, and also has single pores up to 100 microns in size. With the minimum accepted

oxidation time (50 min), the thickness of the oxide layer lays in the range of 22 – 60 μm. The most effective time of oxidation with obtaining a coating with a more uniform structure in the working layer and with the presence of single pores was 120 minutes, wherein the thickness of the coating varied from 100 to 270 μm. A method for obtaining a uniform coating thickness is proposed and discussed.

1. Krishtal MM, Ivashin PV, Polunin AV, Borgardt ED, Tverdokhlebov A.Ya. Increasing the efficiency of the technology of microarc oxidation of aluminum-silicon alloys. // Vector of Science TSU, 2015, No. 2 (32-2), P. 86-93.

2. Basov A.A., Eremkina M.S., Karavaev K.A. et al. Microarc oxidation in the technology of protective and solid lubricating coatings for spacecraft elements / Materials of the XXVII International Symposium "Dynamic and Technological Problems of Mechanics of Structures and Continuous Media" named after A.G. Gorshkov - Kaluga region., Kremenki, sanatorium "Vyatichi", May 17 - 21, 2021 - T. 1. - M .: LLC "TRP", 2021. - P. 38 - 39.

3. Galinovsky A.L., Golubev E.S., Kobernik N.V., Filimonov A.S. Additive technologies in the manufacture of aerospace engineering products: Textbook for universities. - M.: Yurayt Publishing House, 2020 – 115 p.

4. Plasma-electrolytic modification of the surface of metals and alloys. T. 2 / Ed. I. V. Suminova. M .: Tekhnosfera, 2011.-512 p.

5. L. Pezzato, M. Dabala, S. Cross, K. Brunelli Effect of microstructure and porocity of AlSi10Mg alloy produced by selective laser melting on the corrosion properties of plasma electrolytic oxidation coating // Surface Coatings and Technology, 2020. V. 404. - 27 p.

Определение декремента колебаний образца из полимерных композиционных материалов при испытании на усталость

Ерофеев Т.С., Равикович Ю.А., Архипов А.Н., Федоров А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

На сегодняшний день применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) в авиационной отрасли и, в частности, в двигателестроении является одной из актуальных задач, связанных с более высокой удельной прочностью ПКМ по сравнению с металлическими сплавами.

В настоящее время рассматривается использование ПКМ для изготовления корпусных деталей компрессора низкого давления, которые менее подвержены воздействию механических и газодинамических нагрузок, чем роторные детали. Однако в эксплуатации корпусные детали также испытывают вынужденные колебания, возбуждаемые роторными гармониками или газодинамическими нагрузками, что может привести к усталостному разрушению.

Для оценки сопротивления усталости окончательно изготовленных композитных корпусных деталей предлагаются усталостные испытания вырезанных конструктивных элементов [1].

Испытания на усталость проводились на резонансной частоте 1-ой изгибной формы колебаний образца, в ходе которых измерялись динамические напряжения и перемещения с помощью тензорезисторов и лазерного датчика. На всем протяжении испытаний проводились измерения амплитудно-частотной характеристики конструктивного элемента и оценка декремента колебаний с целью определения изменения демпфирования образца [2, 3, 4]. После этого поверхность образца исследовалась с помощью лазерного микроскопа, чтобы установить зарождение усталостных трещин и отследить их рост.

Так как зарождение и рост трещин напрямую влияет на демпфирующую способность несущей части конструктивного элемента, то с помощью декремента колебаний можно оценить накопление повреждений внутри материала образца. Зная характер падения резонансной частоты колебаний, изменения декремента колебаний и кинетики роста трещин на поверхности образца, можно установить корреляционную связь между этими параметрами и использовать динамические измерения колебаний деталей для оценки сопротивления усталости

Литература:
1. Ravikovich Y.A., Kholobtsev D.P., Arkhipov A.N. and Popov G.V. Estimation of fatigue margins for composite parts of aircraft engine on the base of vibration tests // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. Vol. 868. P. 012027. doi:10.1088/1757-899X/868/1/012027
2. Xiaoning Tang and Xiong Yan 2018 A review on the damping properties of fiber reinforced polymer composites. Journal of Industrial Textiles, 19 https://doi.org/10.1177/1528083718795914
3. Gurubrahmam K., Chandrakanth A., Aditya T.N. and Dr. Md. Aleem Pasha 2021 Investigating Various Modal Analysis Extraction Techniques to Estimate Damping Ratio. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology, 13 (6), p.p. 353-361
4. Gibson R F and Plunkett R 1977 A Forced-vibration Technique for Measurement of Material Damping. Experimental Mechanics, 11, p.p. 297-302

Determination of the vibration decrement of a sample made of polymer composite materials during fatigue testing

Erofeev T.S., Ravikovich Yu.A., Arkhipov A.N., Fedorov A.A.
MAI, Moscow, Russia

Today, the use of polymer composite materials (PCMs) in the aviation industry and, in particular, in engine building is one of the urgent problems associated with the higher specific strength of PCMs in comparison with metal alloys.

Currently, the use of PCMs for the manufacture of low-pressure compressor body parts is being considered, which are less exposed to mechanical and gas-dynamic loads than rotor parts. However, in operation, body parts also experience forced vibrations excited by rotor harmonics or gas-dynamic loads, which can lead to fatigue failure.

To assess the fatigue resistance of the finished composite body parts, fatigue tests of cut structural elements are proposed [1].

Fatigue tests were carried out at the resonant frequency of the 1st flexural vibration mode of the sample, during which the dynamic stresses and displacements were measured using strain gauges and a laser sensor. Throughout the tests, the amplitude-frequency characteristics of the structural element were measured and the vibration decrement was evaluated in order to determine the change in the damping of the sample [2, 3, 4]. After that, the surface of the sample was examined using a laser microscope to establish the initiation of fatigue cracks and track their growth.

Since the initiation and growth of cracks directly affects the damping capacity of the bearing part of a structural element, using the vibration decrement, it is possible to estimate the accumulation of damage inside the sample material. Knowing the nature of the drop in the resonant vibration frequency, the change in the vibration decrement and the kinetics of crack growth on the sample surface, it is possible to establish a correlation between these parameters and use dynamic measurements of vibrations of parts to assess the fatigue resistance.

Влияние человеческого фактора на эффективность работы системы контроля ракетного двигателя

Завьялова М.И., Гончар А.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Понятие надежности работы системы является одним из определяющих, оно включает в себя такие свойства, как: безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость, долговечность [1].

Человек, как часть системы, выполняющий операции, входящие в визуальный контроль, обладает такими свойствами, как способность к адаптации, способность к утомлению, способность к отдыху, возможность совершения ошибки, способность принимать решения, способность запоминать информацию. Степень влияния человека на надежность системы можно оценить по вероятности появления ошибок в процессе ручного ввода данных [2,3].

Для данного исследования остановимся на оценке двух свойств - безотказности и ремонтопригодности.

Безотказность – свойство системы непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени.

Ремонтопригодность – приспособленность системы к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта [4].

Для характеристики надежности работы системы в целом, введем такие понятия, как:

Вероятность безотказной работы (ВБР) выраженная через коэффициент достоверности информации b – вероятность, что система, в течение заданного времени работы при заданных условиях, будет работоспособна (характеристика безотказности). На работоспособность существенно влияет возможность анализа поступающей информации. Когда в систему поступает недостоверная информация, систему можно считать неработоспособной, не способной к выполнению заданных требований [5].

Коэффициент готовности Кг – вероятность, что система находится в работоспособном состоянии в произвольный момент времени (комплексная характеристика безотказности и ремонтопригодности). Характеризуется показателями ремонтопригодности: Т0 – среднее время наработки на отказ, Тв – среднее время восстановления после отказа [6,7].

После проведения расчетов стало видно, как падает показатель надежности от изменения коэффициента готовности, на который непосредственно влияет наличие человеческого фактора, и от изменения ВБР, на которую влияет поступление достоверной и недостоверной информации.

Литература:

1. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. – Спб.: Питер, 2005. – 395 с.

2. Гончар А.Г., Паршин Д.А., Торпачев А.В. Программный комплекс эксплуатационно-технического обеспечения наземного технологического оборудования // Ракетно-космические комплексы. 2006. Вып. 1. С. 65-71.

3. Авиационное бортовое оборудование : 7-я научно-практическая конференция. Доклады. - М.: Студия Этника, 2019. – 100 с.

4. Дружинин Г.В. Человек в моделях технологий. Часть I: Свойства человека в технологических системах. - М.: МИИТ, 2002- 124 с.

5. Цибулевский И.Е. Ошибочные реакции человека-оператора. - М.: Дрофа, 2005, 208 с.

6. Бармин И.В., Бирюков Г.П., Богомолов А.А. и др. технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники // Инженерное пособие. Кн. 1 / Под ред. И.В. Бармина. – М.: КБОМ, 2005. – 475 с.

7. Бирюков Г.П., Кукушкин Ю.Ф., Торпачев А.В. Основы обеспечения надежности и безопасности стартовых комплексов. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 260 с.

The influence of the human factor on the efficiency of control systems of rocket jet

Zavyalova M.I., Gonchar A.G.

MAI, Moscow, Russia

The concept of reliability of the system is one of the defining ones, it includes such properties as: reliability, maintainability, persistence, durability [1].

A person, as part of a system performing operations included in visual control, has such properties as the ability to adapt, the ability to fatigue, the ability to rest, the possibility of making mistakes, the ability to make decisions, the ability to remember information. The degree of human influence on the reliability of the system can be estimated by the probability of errors in the process of manual data entry [2,3].

For this study, we will focus on evaluating two properties - reliability and maintainability.

Reliability is the property of the system to continuously maintain a working state for some time.

Maintainability – the adaptability of the system to maintain and restore its working condition through maintenance and repair [4].

To characterize the reliability of the system as a whole, we introduce such concepts as:

The probability of trouble-free operation (VBR) expressed in terms of the information reliability coefficient b is the probability that the system, during a given operating time under given conditions,

will be operational (reliability characteristic). The ability to analyze incoming information significantly affects the performance. When unreliable information enters the system, the system can be considered inoperable, unable to fulfill the specified requirements [5].

The availability coefficient Kg is the probability that the system is in working condition at any given time (a complex characteristic of reliability and maintainability). It is characterized by maintainability indicators: T0 is the average operating time for failure, Tv is the average recovery time after failure [6,7].

After the calculations, it became clear how the reliability indicator decreases from changes in the availability factor, which is directly affected by the presence of the human factor, and from changes in the VBR, which is affected by the receipt of reliable and unreliable information.

References:

1. Cherkesov G.N. Reliability of hardware and software complexes. - St. Petersburg: Peter, 2005– - 395 p.

2. Gonchar A.G., Parshin D.A., Torpachev A.V. Program complex of operational and technical support of ground-based technological equipment // Rocket and space complexes. 2006. Issue 1. pp. 65-71.

3. Aviation avionics : 7th Scientific and Practical Conference. Reports. - M.: Studio Ethnika, 2019. - 100 p.

4. Druzhinin G.V. Man in technology models. Part I: Human properties in technological systems. - M.: MIIT, 2002- 124 p.

5. Tsybulevsky I.E. Erroneous reactions of the human operator. - M.: Bustard, 2005, 208 p.

6. Barmin I.V., Biryukov G.P., Bogomolov A.A. and others technological objects of ground infrastructure of rocket and space technology // Engineering manual. Book 1 / Edited by I.V. Barmin. - M.: KBOM, 2005– - 475 p.

7. Biryukov G.P., Kukushkin Yu.F., Torpachev A.V. Fundamentals of reliability and safety of launch complexes. - M.: Publishing House of MAI, 2002. - 260 p.

Анализ требований, предъявляемых к основным узлам электрических и гибридных силовых установок

Иванов И.Г., Равикович Ю.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Вслед за современными тенденциями, которые развиваются в автомобилестроение, авиационная промышленность стремиться перейти к использованию новых двигателей.

На сегодняшний день разрабатываются и применяются самолеты, с использованием гибридных силовых установок (ГСУ) или электрическими двигателями. Применение данных двигателей, исследуются как одно из возможных решений по сокращению выбросов CO2 до 40% к 2030 году, и приход к нулевым выбросам в 2050 году. Для удовлетворения возрастающих международных требований, рассматривается применение ГСУ различных вариантов, но в большинстве своем они являются комбинациями последовательной и параллельной схемы газотурбинного двигателя (ГТД) и электрической машины. При создании ГСУ для летательного аппарата необходимо, в первую очередь, определить требования, предъявляемые к основным узлам: таким как ГТД, электрический двигатель и генератор, аккумуляторные батареи (АКБ), преобразователи частоты (ПЧ), и т.д. Для ГТД применяются следующие требования, такие как обеспечение высокой удельной тяги, малый удельный расход топлива, обеспечение надежной работы и безопасность эксплуатации. К электрическим двигателям предъявляются требования: небольшие размеры и масса электрической машины, постоянство работы при изменении параметров окружающей среды. Для АКБ следует учитывать покрытие пиков тока, превышающих максимально допустимую нагрузку генератора при запуске, использование ГСУ для освещения приборной панели и кабины, проверки электрооборудование.

Использование ГСУ на самолетах местных воздушных линий с одними двигателем помогает достичь снижения количества авиационных происшествий. При совершении полета одной из важных проблем является посадка самолета с отказавшим двигателем. При

использовании обычного ГТД самолет с отказавшим двигателем превращается в планер, однако если использовать ГСУ с АКБ, то в случае отказа основного двигателя мощности батареи хватает, чтобы продолжить полет и совершить посадку на ближайшем аэродроме.

1. Поняев Л.П., Равикович Ю.А., Холобцев Д.П., Affonso J.W Проектный анализ гибридной электрической силовой установки для

криоплана с LH2 и диск-дирижабля с криогенной системой охлаждения для использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости / 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»/ Тезисы докладов стр. 236-237

2. Тезиков С.Е., Боровиков Д.А. Математическое моделирование беспилотного летательного аппарата с малоразмерной гибридной силовой установкой 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»/ Тезисы докладов стр. 106

Analysis of the requirements for the main components of electric and hybrid power plants

Ivanov I.G., Ravikovich Yu.A.

MAI, Moscow, Russia

Today, aircraft are being developed and applied using hybrid power plants (HPP) or electric engine. The use of these engines is being investigated as one of the possible solutions to reduce CO2 emissions by up to 40% by 2030, and achieve zero emissions in 2050. To meet the growing international requirements, various options are being considered for HPP, but most of them are combinations of a sequential and parallel circuit of a gas turbine engine (GTE) and an electric machine. When creating a HPP for an aircraft, it is necessary, first of all, to determine the requirements for the main components: such as a gas turbine engine, an electric engine and a generator, storage batteries, frequency converters (FC), etc. For a GTE , the following requirements are applied, such as ensuring high specific thrust, low specific fuel consumption, ensuring reliable operation and operational safety. Requirements are imposed on electric motors: small size and weight of an electric machine, constancy of operation with changing environmental parameters. For the battery, it is necessary to take into account the coverage of current peaks exceeding the maximum permissible load of the generator at start-up, the use of the HPP for lighting the dashboard and cockpit, and checking the electrical equipment.

The use of HPP on single-engine local airlines helps to achieve a reduction in the number of accidents. When making a flight, one of the important problems is the landing of an aircraft with a failed engine. When using a conventional gas turbine engine, an aircraft with a failed engine turns into a glider, but if you use a HPP with a battery, then in the event of a failure of the main engine, the battery power is enough to continue the flight and land at the nearest airfield.

1. Поняев Л.П., Равикович Ю.А., Холобцев Д.П., Affonso J.W Проектный анализ гибридной электрической силовой установки для криоплана с LH2 и диск-дирижабля с криогенной системой охлаждения для использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости / 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»/ Тезисы докладов стр. 236-237

2. Тезиков С.Е., Боровиков Д.А. Математическое моделирование беспилотного летательного аппарата с малоразмерной гибридной силовой установкой 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»/ Тезисы докладов стр. 106

Исследование влияния ориентации слоев аддитивных металлов, полученных методом селективного лазерного сплавления на величину коэффициента теплопроводности

Киселёв В.П., Ежов А.Д., Быков Л.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Широкое распространение аддитивных технологий в авиационно-космической технике приводит к необходимости всестороннего изучения свойств материалов, полученных с помощью данных технологий. В настоящее время хорошо изучены механические свойства аддитивных материалов, в частности, выявлена и исследована анизотропия модуля упругости и механической прочности относительно слоёв спекания, а также её связь с параметрами производства.

В то же время анизотропия теплофизических свойств аддитивных материалов изучена в значительно меньшей степени. Авиационно-космическая техника связана с большим количеством теплонагруженных деталей, например, таких как лопатки турбин, которые производятся с помощью аддитивных технологий. Знание же возможного диапазона изменения коэффициента теплопроводности позволит интенсифицировать или минимизировать стоки тепла в изделии там, где это необходимо.

В настоящей работе исследована теплопроводность образцов из аддитивного материала с расположением слоёв параллельно и перпендикулярно направлению вектора теплового потока. Использовались четыре цилиндрических образца из стали марки CL20ES, полученные по технологии селективного лазерного сплавления (СЛС), два из которых напечатаны с ориентацией слоёв вдоль оси цилиндра, два других – поперёк.

В результате проведенного исследования выявлено влияние направления плоскостей сплавления на теплопроводность образцов из нержавеющей стали. Данный факт позволяет сделать вывод, что коэффициент теплопроводности аддитивного материала CL20ES, полученного с использованием металло-порошковых технологий зависит от направления теплового потока в нем: вдоль плоскостей сплавления коэффициент теплопроводности на 25–30% выше, чем поперёк них.

Таким образом, можно сделать вывод, что различие теплопроводящих свойств аддитивного материла по направлениям сплавления необходимо учитывать не только при производстве деталей с применением аддитивных технологий, но и на этапе проектирования изделия.

Литература:

1. Смелов В.Г., Сотов А.В., Агаповичев А.В. Исследование структуры и механических свойств изделий, полученных методом селективного лазерного сплавления из порошка стали 316L // Черные металлы, 2016, № 9 (1017). – С. 61-65.

2. Сухов Д.И., Базылева О.А., Неруш С.В., Аргинбаева Э.Г., Зайцев Д.В. Особенности структуры и свойств материала жаропрочного интерметаллидного никелевого сплава, полученного методом селективного лазерного сплавления // Сборник трудов конференции «Аддитивные технологии: настоящее и будущее», 2018. – С. 321-325.

3. Евгенов А.Г., Рогалев А.М., Карачевцев Ф.Н., Мазалов И.С. Влияние горячего изостатического прессования и термической обработки на свойства сплава эп648, синтезированного методом селективного лазерного сплавления // Технология машиностроения, 2015, № 9. – С. 11-16.

4. Николаев И.А., Лесневский Л.Н., Кожевников Г.Д., Селиверстов С.Д. Исследование влияния направления выращивания образцов из стали 12Х18Н10Т, полученных методом селективного лазерного сплавления (SLM), на фреттинг-износ в условиях полного и частичного проскальзывания // Тезисы XIX Международной конференции «Авиация и космонавтика», 2020. – С. 177-178.

5. Сухов Д. И., Мазалов П. Б., Неруш С. В., Ходырев Н. А. Влияние параметров селективного лазерного сплавления на образование пористости в синтезированном материале коррозионностойкой стали // Труды ВИАМ. 2017. № 8 (56). С. 34–44. DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-8-4-4.

Investigation of the influence of the orientation of layers of additive metals produced by selective laser fusion on the value of the thermal conductivity

Kiselev V.P., Ezhov A.D., Bykov L.V.
MAI, Moscow, Russia

The widespread use of additive technologies in aerospace engineering leads to the need for a comprehensive study of the properties of materials produced using these technologies. At present, the mechanical properties of additive materials have been well studied, in particular, the anisotropy of the modulus of elasticity and mechanical strength relative to sintering layers, as well as its relationship with production parameters, have been identified and investigated.

At the same time, the anisotropy of the thermophysical properties of additive materials has been studied to a much lesser extent. Aerospace engineering is associated with a large number of heat-

loaded parts, for example, such as turbine blades, which are produced using additive technologies. Knowing the possible range of changes in the thermal conductivity will allow you to intensify or minimize heat runoff in the product where necessary.

In this paper, the thermal conductivity of samples made of additive material with layers arranged parallel and perpendicular to the direction of the heat flux vector is investigated. Four cylindrical samples made of CL20ES steel produced by selective laser fusion (SLS) technology were used, two of which were printed with the orientation of the layers along the axis of the cylinder, the other two were printed across.

As a result of the study, the influence of the direction of the fusion planes on the thermal conductivity of stainless steel samples was revealed. This fact allows us to conclude that the thermal conductivity of the CL20ES additive material produced using metal-powder technologies depends on the direction of the heat flow in it: along the fusion planes, the thermal conductivity is 25-30% higher than across them.

Thus, it can be concluded that the difference in the heat-conducting properties of the additive material in the directions of fusion must be taken into account not only in the production of parts using additive technologies, but also at the design stage of the product.

Исследования влияния параметра турбулентности на формирование пелены охладителя на входной кромке сопловой лопатки методом цифровой трассерной визуализации

Веретенников С.А., Евдокимов О.А., Колесова А.А., Сковородкин Е.А.
РГАТУ, г. Рыбинск, Россия

Сопловые лопатки первых ступеней ТВД являются наиболее теплонапряженными деталями двигателя, так температура на выходе сгорания может достигать 1800 К. Для снижения температуры на поверхности лопатки, в настоящий момент, используют конвективный и пленочный способ охлаждения. Однако, создание устойчивой пелены охладителя в области входной кромки лопатки является сложной задачей. Поэтому на практике на сопловых лопатках первой ступени ТВД двигателя довольно часто встречаются прогары со стороны корытца.

Поведение струи охладителя при пленочном охлаждения описывается углом вдува струи и параметром вдува, который учитывает скорость потока и его плотность. При параметре вдува от 0,8 до 1,2 пелена охладителя сразу за отверстиями формирует у поверхности защитную пелену. В области входной кромки параметр вдува принимает значения больше 1,5 что приводит к смешению струи охладителя с основным потоком, его турбулизации и прогару защищаемой поверхности.

В данной работе выполнено экспериментальное исследование формирования пелены охладителя на входной кромке сопловой лопатки при различных параметрах турбулентности от 6,4% до 10,7% методом цифровой трассерной визуализации (PIV). При котором в движущийся поток вводятся взвешенные мелкие частицы, которые засвечиваются лазерной плоскостью и фотографируются. Обработка полученных изображений выполнялась с использованием корреляционных алгоритмов, при которых поле течения разбивается на элементарные области. В каждой из этих областей вычисляется корреляционная функция сдвигов частиц. Начальное и конечное положение частиц фиксируется на различных снимках. Толщина пелены охладителя при параметре турбулентности 7,7% изменялась от 2,42 до 1,65, при снижении интенсивности турбулентности до 6,5% толщина пленки увеличилась на 8-20%, а при высокой турбулентости потока толщина пленки снизилась на 3-10% по сравнению с исходным вариантом.

Литература:

1) Халатов А.А. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейной поверхностей / А.А. Халатов, И.В. Шевчук, А.А Авраменко, С.Г. Кобзарь, Т.А. Железная // К.: Изд. Ин-та технической теплофизики НАН Украины. 1999 – 134 с. – М.: МАИ. 2020 – 160 с.

Experimental digital tracer imaging investigation of turbulence intensity effect on coolant shroud formation near the leading edge of stator blades

Veretennikov S.A., Evdokimov O.A., Kolesova A.A., Skovorodkin E.A.
RSATU, Rybinsk, Russia

The first stage stator blades are the most thermally stressed components of HPT, as the combustion chamber outlet temperature can reach up to 1800 K. Existing engine designs utilise a convective and film cooling method in order to reduce the blade surface temperature. However, creating a stable coolant shroud near the leading edge of the blade is challenging. This results in thermal damage on the pressure side of the stator blades and is commonly observed in first stage of HPT.

Coolant jet behavior during film cooling is determined by the jet injection angle, and momentum flux ratio [1], which takes into account the flow velocity and its density. Momentum flux ratio values 0.8 to 1.2, result in the coolant jet immediately forming a protective shroud at the surface behind the injection ports. In the leading edge vicinity, the momentum flux ratio is greater than 1.5, which results in coolant jet mixing with the main flow, its turbulization and unacceptably high temperature of the protected surface.

This paper presents the results of a digital tracer imaging (PIV method) study of coolant shroud formation on the stator blade leading edge at various turbulence intensities ranging from 6.4% to 10.7%. This experimental method involves suspended fine particle introduction into the studied stream, which are illuminated by a laser plane and photographed. Image processing was carried out using correlation algorithms, in which the flow field is divided into elementary regions. The initial and final positions of the particles are fixed on different images. The correlation function of particle shifts is calculated in each of these regions. The coolant shroud normalised thickness varied from 1.65 to 2.42 at fixed turbulence intensity of 7.7%. Decreasing the turbulence intensity to 6.5%, yielded an increase in film thickness by 8-20%. Higher turbulence intensity values resulted in further decrease of film thickness by 3-10% compared to the base variant.

References:

1) Халатов А.А. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейной поверхностей / А.А. Халатов, И.В. Шевчук, А.А Авраменко, С.Г. Кобзарь, Т.А. Железная // К.: Изд. Ин-та технической теплофизики НАН Украины. 1999 – 134 с. – М.: МАИ. 2020 – 160 с.

Исследование эффективности пленочного охлаждения различных вариантов отверстий перфорации при дозвуковом и сверхзвуковом течении основного потока

[1]Колесова Е.Г., [1]Жорник М.Н., [2]Колесова А.А.
[1]ПАО «ОДК-Сатурн», [2]РГАТУ, г. Рыбинск, Россия

С возрастанием параметров рабочего процесса современных ГТД особое требование уделяется проектированию систем охлаждения лопаток турбин, которые должны обеспечивать температурное состояние, удовлетворяющее требованиям прочности с минимальными затратами охлаждающего воздуха. При этом наряду с различными конвективными схемами охлаждения используется и пленочное охлаждение, которое формируют пелену и относительно холодного воздуха на наружной поверхности лопатки, тем самым защищая ее от перегрева. Одним из способов увеличения эффективности пленочного охлаждения является создание отверстий сложной геометрии, как правило, это различные веерные отверстия или отверстия laidback [1].

С точки зрения организации пленочного охлаждения на поверхности лопатки одним из самых сложных участков является поверхность стороны разрежения. На этом участке развиваются наиболее высокие скорости газового поток и выдув охладителя ограничена небольшим участком профиля до минимальной площади межлопаточного канала. В данной работе представлены результаты расчетного и экспериментального исследования эффективности пленочного охлаждения на выпуклой поверхности, моделирующей течение газового потока на стороне разрежения лопатки при числе Маха до 1,4 с различными вариантами отверстий перфорации: цилиндрическими, веерными с коротким (1d) и длинным диффузорным участком (3d), отверстиями laidback а также веерными отверстиями с участком в 1d laidback.

По результатам исследования получено, что эффективность пленочного охлаждения отверстий при дозвуковом и сверхзвуковом течении основного потока отличается не значительно в пределах 5%. Отрыв пелены от охлаждаемой выпуклой поверхности для цилиндрических отверстий происходит уже при параметре вдува 0,7. Эффективность пленочного охлаждения всех вариантов отверстий при невысоких параметрах вдува фактически одинакова. При увеличении параметра вдува эффективность веерных отверстий с длинным диффузорным участком становиться выше, чем с коротким и при параметре вдува m=1,5 отличие составляет 30 %.

Литература:

1. Bunker, R.S. A study of mesh fed slot film cooling/ R.S. Bunker// Proceeding of ASME Turbo Expo- 2009. – Power for Land, Sea and Air. – GT2009-59338.

A study of film cooling efficiency of different variants of perforation holes for subsonic and supersonic main stream

[1]Kolesova E.G., [1]Zhornik M.N., [2]Kolesova A.A.

[1]UEC-Saturn, [2]RSATU, Rybinsk, Russia

With the increasing parameters of the working process of modem GTE, a special requirement is given to the design of cooling systems turbine blades, which must provide a temperature state that meets the requirements of strength with minimum cooling air flow rate. Thereat, along with different convective cooling schemes the film cooling scheme is also used, which forms a film of relatively cold air on the outer side of the blade, thereby protecting it from overheating. One way to increase the film cooling efficiency is to create holes of complex geometry, usually these are different fan-shaped holes or laidback holes [1].

From the point of view of organizing film cooling on the surface of the blade, one of the most difficult areas is the suction side surface. In this area, are developed the highest gas flow rates and cooler blowing is limited by small section of profile to minimum area of blade channel. This paper are presented the results of a calculated and experimental study of film cooling efficiency on a convex surface, modeling the flow of gas flow on the suction side blade at Mach number up to 1.4 by different variants of cooling holes: cylindrical, fan-shaped with a short (1d) and long diffuser section (3d), laidback holes and fan-shaped holes with a section in 1d laidback.

Based on the study results it was obtained that the difference between values of film cooling efficiency for subsonic and supersonic main stream is insignificant, within 5%. Separation of the foil from the cooled convex surface for cylindrical holes occurs already with the blowing ratio 0.7. Film cooling efficiency of all versions of holes at low blowing ratio is virtually the same. When increasing the blowing ratio, the efficiency of fan-shaped holes with a long diffuser becomes higher in comparison to the short one, and for the value of blowing ratio m = 1.5 the difference is 30 %.

References:

1. Bunker, R.S. A study of mesh fed slot film cooling/ R.S. Bunker// Proceeding of ASME Turbo Expo- 2009. – Power for Land, Sea and Air. – GT2009-59338.

Снижение пульсаций давления и акустического шума, и увеличение напорных характеристик лопаточных машин путем оптимизации положения дополнительных лопаток методом дискретных вихрей и акустико-вихревым методом

Кондратов А.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Развитие современного насосного оборудования сопровождается постоянным ростом требований к надёжности, повышению ресурса насоса. Одним из основных методов выполнения данных требований является изменение геометрии рабочего колеса центробежного насоса.

Эффективность работы насоса в процессе эксплуатации, его надежность и ресурс зависят прежде всего от надежности конструкции, стойкости и выносливость материала самых нагруженных узлов и деталей. В качестве исходного объекта используется рабочее колесо центробежного насоса.

Неоднородность потока в проточной части является одним из основных источников гидродинамической вибрации и шума центробежных насосов. Причина колебаний - газодинамические и гидродинамические силы, возникающие вследствии неоднородности потока на входе и выходе из рабочего колеса, то есть неравномерность поля скоростей и давлений по шагу лопаточной решетки.

В данной работе рассматривается применения сплиттеров в конструкции рабочего колеса с целью снижения неоднородности потока для повышения надежности и увеличения ресурса работы насоса, а также произведена оптимизация их положения.

Для решения поставленных задач рассмотрена и описана конструкция рабочего колеса, разработана и построена геометрическая 2D и 3D-модель. Проведен анализ полей скоростей и изменения амплитуды пульсаций давлений на частоте следования лопаток в варианте рабочего колеса центробежного насоса без применения сплиттеров и в варианте с их применением. В варианте со сплиттерами произведена оптимизация их положения с целью получения наилучших характеристик. В результате проведенных исследований получены расчётные данные распределения компонентов скоростей, а также пульсаций давления на частоте следования лопаток, что позволяет сделать вывод о целесообразности применения сплиттеров в конструкции рабочего колеса центробежного насоса. По итогам исследований построена модель рабочего колеса, которая может быть использована для производства более надежного центробежного насосного агрегата.

Reducing pressure pulsations and acoustic noise, increasing the pressure characteristics of blade machines by optimizing the position of additional blades by the discrete vortex method and the acoustic-vortex method

Kondratov A.V.
MAI, Moscow, Russia

The development of modern pumping equipment is accompanied by a constant increase in requirements for reliability, an increase in the pump resource. One of the main methods for meeting these requirements is to change the geometry of the impeller of a centrifugal pump.

The efficiency of the pump during operation, its reliability and resource depend primarily on the reliability of the design, durability and endurance of the material of the most loaded units and parts. The impeller of a centrifugal pump is used as the initial object.

Flow inhomogeneity in the flow path is one of the main sources of hydrodynamic vibration and noise in centrifugal pumps. The reason for the oscillations is the gas-dynamic and hydrodynamic forces arising as a result of the non-uniformity of the flow at the inlet and outlet of the impeller, that is, the non-uniformity of the field of velocities and pressures along the pitch of the blade cascade.

In this paper, the use of splitters in the design of the impeller is considered in order to reduce the inhomogeneity of the flow in order to increase the reliability and increase the service life of the pump, and also optimize their position.

To solve the set tasks, the design of the impeller was considered and described, and a geometric 2D and 3D model was developed and built. The analysis of the velocity fields and changes in the amplitude of pressure pulsations at the repetition rate of the blades in the version of the impeller of a centrifugal pump without the use of splitters and in the version with their use is carried out. In the variant with splitters, their position was optimized in order to obtain the best characteristics. As a result of the studies, calculated data were obtained for the distribution of velocity components, as well as pressure pulsations at the blade repetition rate, which allows us to conclude that it is advisable to use splitters in the design of the impeller of a centrifugal pump. Based on the research results, a model of the impeller was built, which can be used to produce a more reliable centrifugal pump unit.

Влияние лазерного ударного упрочнения на сопротивление фреттинг-износу

Королев Д.Д., Кожевников Г.Д., Ляховецкий М.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Во время работы детали авиационной техники подвергаются различным эксплуатационным нагрузкам, влияющим на ресурс и надежность изделия в целом. Одним из опасных

проявлением действия таких нагрузок является фреттинг-износ, фреттинг-коррозия и фреттинг-усталость. Фреттинг это вид механического износа деталей в условиях малых перемещений (вибрации) и больших контактных нагрузок. Фреттинг-изнашивание - комплексный процесс, который включает разрушения в результате, как абразивного, так и усталостного изнашивания с резким снижением предела выносливости деталей, подвергающихся растягивающим нагрузкам.

Для борьбы с данным явлением применяют различные методы модификации поверхностного слоя, например, обкатка шариками и роликами, дробеструйное и ультразвуковое упрочнение шариками, лазерное ударное упрочнение, упрочнение электронными и ионными пучками, а также нанесением защитных покрытий.

В работе рассматривается влияние лазерного ударного упрочнения на сопротивление фреттинг-износу, а также приводится сравнение с дробеструйной обработкой. Для проведения испытаний были изготовлены образцы из титанового сплава ВТ6. Образцы были поделены на три группы: без модификации поверхностного слоя, с дробеструйной обработкой и с лазерным ударным упрочнением. Испытания на фреттинг-износ проводились при следующих параметрах трения: амплитуда колебаний 100 мкм, частота перемещений 20 Гц, количество циклов составило 100000 и 200000 для каждого типа образцов. В качестве контртела использовали сферу из оксида алюминия диаметром 10 мм.

В результате работы были получены графики зависимости объемного износа от вида модификации поверхностного слоя при различном количестве циклов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0014.

1. Golden P. J. et al. Effect of surface treatments on fretting fatigue of Ti–6Al–4V //International Journal of Fatigue. – 2007. – Т. 29. – №. 7. – С. 1302-1310.

2. King A. et al. Effects of fatigue and fretting on residual stresses introduced by laser shock peening //Materials Science and Engineering: A. – 2006. – Т. 435. – С. 12-18.

3. Srinivasan S. et al. Fretting fatigue of laser shock peened Ti–6Al–4V //Tribology International. – 2009. – Т. 42. – №. 9. – С. 1324-1329.

4. Vantadori S., Valeo J. V., Zanichelli A. Fretting fatigue and shot peening: a multiaxial fatigue criterion including residual stress relaxation //Tribology International. – 2020. – Т. 151. – С. 106537.

5. Yang X. et al. Effect of Laser Shock Peening on Fretting Fatigue Life of TC11 Titanium Alloy //Materials. – 2020. – Т. 13. – №. 21. – С. 4711.

6. Zhang H. et al. Study on the Effect of Laser Quenching on Fretting Fatigue Life //Metals. – 2019. – Т. 9. – №. 5. – С. 566.

7. М.А. Ляховецкий, М.В. Волков, И. С. Сарбучев, Г.Г. Ширваньянц. Сравнительное исследование остаточных напряжений на титановом сплаве ВТ6, обработанном методами лазерного ударного упрочнения и дробеструйной обработки. Международная научно-техническая конференция по авиационным двигателям ICAM 2020: сборник тезисов / Государственный научный центр РФ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова». – М. : ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2020. С. 570-572.

Effect of laser shock peening on fretting wear resistance

Korolev D.D., Kozhevnikov G.D, Lyakhovetsky M.A.
MAI, Moscow, Russia

During operation, parts of aviation equipment are subjected to various operational loads that affect the life and reliability of the product as a whole. One of the dangerous manifestations of the action of such loads is fretting wear, fretting corrosion and fretting fatigue. Fretting is a type of mechanical wear of parts under conditions of small movements (vibration) and large contact loads. Fretting wear is a complex process that includes destruction as a result of both abrasive and fatigue wear with a sharp decrease in the endurance limit of parts subjected to tensile loads.

To combat this phenomenon, various methods of modifying the surface layer are used, for example, running-in with balls and rollers, shot blasting and ultrasonic hardening with balls, laser shock hardening, hardening with electron and ion beams, as well as applying protective coatings.

The paper considers the effect of laser impact hardening on the resistance to fretting wear, and also provides a comparison with shot blasting. Samples of titanium alloy VT6 were made for testing. The samples were divided into three groups: without modification of the surface layer, with shot blasting and with laser shock hardening. Fretting wear tests were carried out with the following friction parameters: oscillation amplitude of 100 microns, displacement frequency of 20 Hz, the number of cycles was 100000 and 200000 for each type of samples. An aluminum oxide sphere with a diameter of 10 mm was used as a counterbody.

As a result of the work, graphs of the dependence of volumetric wear on the type of modification of the surface layer with a different number of cycles were obtained.

The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia, the topic number FSFF-2020-0014.

Отработка технологии алмазного фрезерования высокопрочной керамики (SiC) и композиционных материалов с применением ультразвука

Кравцов Д.А., Козинер Ю.Д., Пожидаев А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Развитие современной науки и техники в особенности при проектировании изделий авиационной и космической отрасли подталкивает конструкторов к использованию ранее не применявшихся или имеющих ограниченное применение конструкционных материалов обладающих высокой жаропрочностью и жаростойкостью, имеющие низкий коэффициент линейного теплового расширения, т.к. современные реалии ставят задачи повышения температуры процессов, происходящих в горячей части реактивных двигателей, все чаще внимание сосредотачивается на керамических материалах. Однако в настоящее время процесс обработки заготовок из высокопрочной керамики находится в процессе исследования. По имеющимся в литературных источниках данных по обработке высокопрочной керамики невозможно разработать научно-обоснованные рекомендации, и тем более технологию производительной и качественной обработки.

Основной целью работы являлось: разработка конструкции ультразвукового высокооборотного излучателя для алмазного фрезерования керамики, отработка процесса высокоскоростного фрезерования керамики, определение оптимальных акустических характеристик ультразвукового излучателя (головки) для производительной и качественной обработки, определение оптимальных режимов обработки и оценка качества поверхности обработанных деталей. Предварительные эксперименты показали, что влияние ультразвука особенно ярко проявляется при следующих характеристиках ультразвукового излучателя f = 22 кГц, амплитуда колебаний A = 8 мкм и режимах обработки n = 2×103 ÷ 4×103 мин-1 при глубине фрезерования t > 0,8 мм и продольной подаче S > 5 мм/мин. Установлено что, при этих режимах возрастает производительность процесса обработки, а шероховатость поверхности обработанных деталей при обработке составляет Ra = 2,5 мкм, Rz = 48 мкм. Обработка без ультразвука на этих же режимах приводит к засаливанию инструмента и повышению сил резания, что отрицательно сказывается на точности обработки и получаемой шероховатости поверхности Ra = 3,4 мкм, Rz = 59 мкм. Дальнейшие исследования направлены для определения оптимальных условий ультразвукового фрезерования высокопрочной керамики.

1. Марков А. И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1986. – 365 с.

2. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980.–237с.

3. К. Н. Филонов, В.Н. Курлов, Н.В. Классен, В. М. Самойлов, А.Н. Водовозов., Новая профилированная керамика на основе карбида кремния. Известия РАН. Серия физическая, 2009, том 73, № 10, с. 1460–1462

Development of diamond milling technology for high-strength ceramics (SIC) and composite materials using ultrasound

Kravtsov D.A., Koziner Y.D., Pozhidaev A.A.
MAI, Moscow, Russia

The development of modern science and technology, especially in the design of products of the aviation and space industry, promotes designers to use previously unused or limited-use structural materials with high temperature strength and heat resistance, having a low coefficient of linear thermal expansion, because modern trends set the task of increasing the temperature of processes occurring in the hot part of jet engines, increasingly attention is focused on ceramic materials. However, at present, the processing of workpieces of high-strength ceramics is in the process of research. According to the data available in the literature regarding on the processing of high-strength ceramics, it is impossible to develop evidence-based recommendations, and more the technology of productive and high-quality processing.

The main purpose of the work are: to develop the design of an ultrasonic high-speed emitter for diamond milling of ceramics, to work out the process of high-speed milling of ceramics, to determine the optimal acoustic characteristics of the ultrasonic emitter for productive and high-quality processing, to determine the optimal processing modes and to assess the surface quality of the machined parts. Preliminary experiments have shown that the effect of ultrasound is particularly appeared with the following characteristics of the ultrasonic emitter f = 22 kHz, the amplitude of vibrations A = 8 microns and processing modes n = 2×103 ÷ 4 ×103 min-1 with a milling depth t > 0.8 mm and a longitudinal feed S > 5 mm/min. It is established that, under these conditions, the productivity of the processing increases, and the surface roughness of the machined parts during processing are Ra = 2.5 microns, Rz = 48 microns. Processing without ultrasound with same modes leads to glazing of the tool and an increase cutting forces, which negatively affects the accuracy of processing and the resulting surface roughness Ra = 3.4 microns, Rz = 59 microns. Further research is aimed at determining the optimal conditions for ultrasonic milling of high-strength ceramics.

1. Марков А.И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1986. – 365 с.

2. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980.–237с.

3. К.Н. Филонов, В.Н. Курлов, Н.В. Классен, В.М. Самойлов, А.Н. Водовозов., Новая профилированная керамика на основе карбида кремния. Известия РАН. Серия физическая, 2009, том 73, № 10, с. 1460–1462

Моделирование термо-мехнического взаимодействия поверхности тепловой трубы и изоляционного материала спускаемого аппарата

Крылова Ю.А., Ежов А.Д., Киселёв В.П.
МАИ, г. Москва, Россия

Контактное термическое сопротивление при высоких температурах оказывает существенное влияние на тепловые характеристики конструкции авиационной и космической техники. В связи с необходимостью функционирования изделия в условиях близким к экстремальным, остро стоит вопрос в изучении контактного термического сопротивления (КТС) для конструкций спускаемых аппаратов, газовых турбин, работающих при высоких температурах.

В настоящей работе, в качестве примера приведена конструкция спускаемого аппарата, передняя кромка которого подвергается значительному аэродинамическому нагреву. Наиболее эффективным методом терморегулирования в данном случае является тепловая труба, встроенная в изоляционный материал. Таким образом, наиболее важным участком, отвечающим за передачу теплового потока, является зона контакта между тепловой трубой и изоляционным материалом, особенно при высоких температурах, так как это оказывает значительное влияние на эффективность тепловой защиты.

Большинство литературных источников опираются на данные экспериментов по исследованию контактного термического сопротивления при температуре эксплуатации не более 850 К. Кроме того, значительная часть экспериментов проведено в воздушной среде,

при которой на величину КТС влияет оксидный слой, образующийся на поверхности контактных образцов.

В данной работе проводится моделирование термомеханического поведения микронеровностей под действием тепловой и механической нагрузки на базе цифрового двойника поверхности контактной пары материалов НТА-НТА, ZrB2/SiC/C- ZrB2/SiC/C (композитный материал на основе диборида циркония и карбида кремния, усиленный углеродным волокном) и НТА-ZrB2/SiC/C при температуре от 630 до 1100 К и давлении от 0,1 до 0,6 МПа. Результаты моделирования показали хорошее совпадение с результатами экспериментов зарубежных авторов, и отмечено что КТС уменьшается с увеличением температуры поверхности раздела, в связи с увеличением передачи тепла путём излучения. В то же время величина КТС уменьшается с увеличением давления на границе раздела из-за увеличения площади фактического контакта поверхностей, а влияние давления на величину КТС при высокой температуре проявляется в незначительной степени.

Литература:

1. Шлыков Ю.П., Ганин Е.А., Царевский С.Н. Контактное термическое сопротивление. М.: Энергия, 1977. 327 с.

2. Меснянкин С.Ю. Методы расчёта и регулирования контактных термических сопротивлений // Сборник научных трудов «Тепловое проектирование систем». М.: Изд-во МАИ, 1990. С.78-86

3. Ежов А.Д., Быков Л.В., Меснянкин С.Ю., Богачев Е.А., Разина А.С.. Доработка и оптимизация элементов конструкции с учетом тепловых деформаций. // Тепловые процессы в технике. 2015. N 11. С. 510-516

4. Ежов А.Д. Численное решение задачи контактного взаимодействия шероховатых поверхностей энергетических установок. // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т. 23. N 1. С. 68-79.

5. Быков Л.В., Ежов А.Д., Оптимизация конструкции теплонапряжённой энергетической установки на основании теплопрочностного расчёта. // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71. № 11. С. 483-486.

6. Меснянкин С.Ю., Ежов А.Д., Басов А.А. Определение контактного термического сопротивления на базе трехмерного моделирования соприкасающихся поверхностей // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2014. N 5. С. 65-74.

Simulation of the thermos-mechanical interaction of the heat pipe surface and the insulating material of the descent vehicle

Krylova Y.A., Ezhov A.D., Kiselev V.P.

MAI, Moscow, Russia

Thermal contact resistance at high temperatures has a significant effect on the thermal characteristics of the structure of aviation and space technology. In connection with the need for the operation of the product in conditions close to extreme, there is an acute issue in the study of contact thermal resistance (TCR) for the designs of descent vehicles, gas turbines operating at high temperatures.

In this work, as an example, the design of the descent vehicle is given, the leading edge of which is subjected to significant aerodynamic heating. The most effective thermal control method in this case is a heat pipe built into the insulating material. Thus, the most important area responsible for the transfer of heat flux is the contact zone between the heat pipe and the insulating material, especially at high temperatures, since this has a significant impact on the effectiveness of thermal protection.

Most of the literature sources rely on the data of experiments on the study of contact thermal resistance at an operating temperature of no more than 850 K. In addition, a significant part of the experiments were carried out in air, in which the TCR value is affected by the oxide layer formed on the surface of the contact samples.

In this work, we simulate the thermomechanical behavior of microroughnesses under the action of a thermal and mechanical load based on a digital twin of the surface of a contact pair of materials HTA-HTA, ZrB2 / SiC / C-ZrB2 / SiC / C (a composite based on zirconium diboride and silicon

carbide, reinforced with carbon fiber) and HTA-ZrB2 / SiC / C at temperatures from 630 to 1100 K and pressures from 0.1 to 0.6 MPa. The simulation results showed good agreement with the results of experiments by foreign authors, and it was noted that the TCR decreases with an increase in the interface temperature, due to an increase in heat transfer by radiation. At the same time, the value of TCR decreases with increasing pressure at the interface due to an increase in the area of actual contact of surfaces, and the effect of pressure on the value of TCR at high temperatures is manifested to an insignificant extent.

Исследование влияния многорежимности газотурбинного двигателя на характеристики осевого компрессора

Кудряшов И.А., Попов Г.М., Горячкин Е.С.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Газотурбинный двигатель (ГТД) является одной из сложнейших и наукоемких технических систем. Одним из основных параметров ГТД, который определяет его эффективность является удельный расход топлива. Улучшение эффективности достигается за счет повышения параметров термогазодинамического цикла и повышения КПД каждого из узлов двигателя[1].

Компрессор является одним из основных модулей авиационного ГТД, который в большой степени определяет основные параметры двигателя – тягу, экономичность, габаритные размеры, массу. Повышение эффективности компрессора на 1,0% приводит к увеличению КПД ГТД на 0,5%[1].

В настоящее время методы проектирования и расчетной доводки компрессоров стремительно развиваются за счет роста и развития вычислительных ресурсов ЭВМ. Это существенно увеличивает скорость проектирования и доводки компрессоров.

Общепринятой практикой при создании и доводки компрессоров является проектирование на стандартные атмосферные условия на входе. Однако авиационный ГТД является многорежимным изделием и работает при разных температурах и давлениях на входе. Это приводит у существенному изменению чисел Рейнольдса на разных режимах работы двигателя и изменению характеристик компрессора по сравнению с характеристиками при атмосферных условиях на входе.

Подобные отличия в параметрах компрессора при различных физических условиях на входе приведены в различных зарубежных работах[2]. В расмотренных статьях говорится, что при изменении режима работы двигателя наблюдается изменение числа Рейнольдса, которое непосредственно влияет на протекание характеристик компрессора.

Целью данной работы является выполнить анализ влияния режимов работы двигателя на характеристики компрессора. В работе рассмотрены два осевых компрессора авиационного ГТД. Анализ выполнен при помощи трехмерного CFD-моделирования на трех различных режимах, параметры работы на которых определены по термодинамической модели двигателя.

В результате проделанной работы получено, что для рассматриваемых компрессоров существуют следующие закономерности: увеличение физического расхода на входе, приводит к увеличению КПД компрессора, снижению максимальной степени повышения давления и снижению диапазона значений по расходу, что соответствует результатам, описанных в рассмотренных источниках[2].

Такие изменения, возникающие в работе компрессора при переходе с режима на режим, негативно сказываются на эффективности и запасах газодинамической устойчивости компрессора. Это может привести к завышенным значениям температуры газа перед турбиной и повышению удельного расхода топлива. Из чего следует вывод, что при проектировании и доводке компрессоров авиационного ГТД необходимо учитывать многрежимность работы двигателя и вводить поправочные коэффициенты, или отслеживать поведение компрессора на всех требуемых режимах работы двигателя.

В результате работы получено, что при проектировании компрессоров необходимо учитывать поправки на многорежимность работы двигателя, выполнять доводку компрессоров с целью увеличения КПД на режиме, на котором требуется обеспечить

максимальную эффективность работы двигателя, а доводку по запасам газодинамической устойчивости требуется выполнять на режимах, которые указаны в техническом задании на двигатель.

1. Иноземцев А.А. Газотурбинные двигатели // ОАО «Авиадвигатель», Пермь, 2006.
2. Wassel A.B. Reynolds Number Effects in Axial Compressors // Journal of engineering for gas turbines and power, ASME, 1968.

Investigation of the effect of different regimes of a gas turbine engine on the characteristics of an axial compressor

Kudryashov I.A., Popov G.M., Goryachkin E.S.
Samara University, Samara, Russia

The gas turbine engine (GTE) is one of the most complex and science-intensive technical systems. One of the main parameters of a gas turbine engine, which determines its efficiency, is the specific fuel consumption. Improving efficiency is achieved by increasing the parameters of the thermogasdynamic cycle and increasing the efficiency of each of the engine nodes.

The compressor is one of the basic modules of an aviation GTE, which largely determines the basic engine parameters – thrust, efficiency, and overall dimensions, mass. An increase in compressor efficiency by 1.0% leads to a 0.5% increase in GTE efficiency.

At present, methods of design and computational refinement of compressors are rapidly developing due to the growth and development of computing resources of computers. It essentially increases speed of design and finishing of compressors.

A common practice in compressor design and refinement is to design for standard atmospheric inlet conditions. However, an aviation GTE is a multi-mode machine and operates at different inlet temperatures and pressures. This leads to a significant change in Reynolds numbers at different engine operating modes and a change in compressor performance compared to the performance at atmospheric inlet conditions.

Similar differences in compressor parameters at various physical inlet conditions are given in various foreign papers. In the considered articles it is spoken, that at change of an operating mode of the engine change of Reynolds number which directly influences on a course of characteristics of the compressor is observed.

The purpose of this paper is to perform an analysis of the effect of engine operating modes on compressor characteristics. Two axial compressors of aircraft GTE are considered in the work. The analysis is made by means of three-dimensional CFD modeling on three various modes, the parameters of work on which are defined on thermodynamic model of the engine.

As a result of the work done, it was obtained that the following regularities exist for the compressors in question: an increase in the physical inlet flow rate, leads to an increase in the compressor efficiency, a decrease in the maximum pressure rise and a decrease in the flow rate value range, which corresponds to the results described in the sources reviewed.

Such changes occurring in compressor operation during the transition from mode to mode adversely affect compressor efficiency and gas-dynamic stability margins. This can lead to overestimation of gas temperature before turbine and increase of specific fuel consumption. This leads to the conclusion that in the design and development of aircraft GTE compressors it is necessary to take into account the multigress operation of the engine and introduce correction factors, or monitor the behavior of the compressor in all the required modes of the engine.

As a result of work it is received, that at designing of compressors it is necessary to consider corrections on multimode of engine work, to carry out the modification of compressors for the purpose of increase of efficiency at a mode on which it is required to provide the maximum efficiency of engine work, and modification on stocks of gasdynamic stability is required to carry out on modes which are specified in the technical project on the engine.

Конструкция и проектирование авиационных ГТД модульной конструкции

Кузьмин Е.В., Нестеренко В.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Модуль, это законченный конструктивно-технологичесий узел, который обладает геометрической и функциональной взаимозаменяемостью, отдельно изготавливается, хранится и эксплуатируется. Модульность конструкции ГТД должна обеспечить возможность замены отдельных модулей, блоков, состоящих из отдельных модулей, при ремонте ГТД в условиях эксплуатации (на крыле, под крылом), при минимальных затратах материальных сил и времени. Группа модулей, допускающих совместное их снятие или установку без рассоединения, выделяется в блок. Должен быть базовый модуль, который является базой для сборки и разборки двигателя и для размещения на нем основных агрегатов, а также трубопроводов и их соединений в плоскостях стыковки модулей. Обычно это модуль компрессора высокого давления газогенератора, который должен работать без замены весь назначенный ресурс до времени первого капитального ремонта. Размещение обвязки выполняется исходя из обеспечения доступа к модулям, желательно её формировать на общей платформе, закреплённой на фланцах наружного корпуса. Разделение ГТД на отдельные модули производится в соответствие с данными повреждаемости аналога и оценкой прогнозируемой повреждаемости проектируемой конструкции.

Оптимизация количества блоков и модулей производится на основе минимизации стоимости жизненного цикла двигателя и эксплуатационных расходов для выбранной системы эксплуатации – системы Э1, Э2, Э3. На каждый модуль должен быть установлен свой ресурс, что обеспечивает планирование их изготовления и замены в эксплуатации. В настоящее время наличие модульности конструкций, проектируемых ГТД позволяет включить процесс технического сопровождения изготовителем поставляемых заказчику двигателей на весь период их эксплуатации, конечно с учетом компенсации производимых расходов в их продажной стоимости. Часто, стоимость двигателя в этом случае может удвоиться.

Представлены результаты исследований и анализ конструкций ряда модульных отечественных и иностранных ГТД, характеризующих имеющиеся в настоящее время особенности проектировании их модулей. Это: два учебных ТРДД малой тяги РД 1700 (Р = 1700 кгс) и АИ 222-25 (Р =2500 кгс), ТРДД средней тяги SAM 146 (Р = 6240 или 7095 кгс) и CFM 56 (Р = 140 кгс), ТВД средней мощности ТВ7-117, устанавливаемый на самолёте Ил 112 и вертолёте Ми – 38 (N = 2500 л.с. или 2800 л.с.; ТРДДф РД -33МК (Рф= 9200 кгс).

Рассмотренная тема характеризует взаимосвязь процессов проектирования, изготовления и эксплуатации. С этой целью рассмотрены, в частности, конструктивные, производственные и эксплуатационные повреждающие факторы, а также конструктивное обеспечение контроля и прогнозирование технического состояния ГТД.

Design and design of modular design aircraft GTE

Kuzmin E.V., Nesterenko V.G.
MAI, Moscow, Russia

The module is a complete structural and technological unit, which has geometric and functional interchangeability, is separately manufactured, stored and operated. Modularity of the GTE design shall ensure the possibility of replacing individual modules, units consisting of separate modules, when repairing the GTE under operating conditions (on the wing, under the wing), at the minimum cost of material forces and time. The group of modules that allow their joint removal or installation without disconnection is allocated to the unit.There shall be a base module, which is the base for assembly and disassembly of the engine and for placement of the main units on it, as well as pipelines and their connections in the planes of modules connection. Typically, this is a high pressure compressor module of the gas generator that must operate without replacing the entire assigned resource until the first overhaul. The placement of the binding is carried out on the basis of providing access to the modules, it is advisable to form it on a common platform fixed on the flanges of the

outer body. The GTE is divided into separate modules in accordance with the data of the analogue damage and the estimate of the predicted damage of the designed structure.

Optimization of the number of units and modules is carried out on the basis of minimizing the cost of the engine life cycle and operating costs for the selected operating system – E1, E2, E3 systems. Each module must have its own resource installed, which ensures the planning of their production and replacement in operation. Currently, the availability of modularity of the designs of the designed TBGs allows you to include the process of technical support by the manufacturer of engines supplied to the customer for the entire period of their operation, of course, taking into account the compensation of the costs incurred in their sales cost. Often, the cost of the engine in this case can double.

The results of research and analysis of the designs of a number of modular domestic and foreign gas turbines are presented, characterizing the current features of the design of their modules. These are: two training thrusters RD 1700 (P = 1700 kgf) and AI 222-25 (P = 2500 kgf), medium thrust thrusters SAM 146 (P = 6240 or 7095 kgf) and CFM 56 (P = 140 kgf), medium duty HPT TV7-117, installed on IL 112 aircraft and helicopter TRDDF RD - 33MK (The Russian Federation = 9200 kgfs).

This topic describes the interconnectedness of design, fabrication and operation processes. To this end, structural, production and operational damaging factors are considered, as well as structural provision of control and forecasting of technical condition of gas turbine engine.

Анализ влияния изменения рабочих режимов ГТД на характеристики распыла пневмомеханической форсунки

[1]Литвиненко З.С., [2]Гураков Н.И., [2]Чечет И.В.

[1]ПАО «ОДК-Кузнецов», [2]Самарский университет, г. Самара, Россия

Во время эксплуатации, газотурбинный двигатель задействует несколько режимов работы, начиная от запуска, заканчивая выходом на полную мощность. При переходе от одного режима к другому меняются параметры, влияющие на работу узлов двигателя, в том числе и камеры сгорания. Проведение экспериментов для каждого режима работы требует больших временных затрат с учетом смены условий на стенде. Таким образом встает вопрос об упрощении и удешевлении проведения экспериментов, в частности при выборе жидкости во время проведения экспериментов по проливке форсунок. Вышеописанное обуславливает необходимость проведения газодинамических расчетов проливок, позволяющих анализировать набор параметров, а также значительно снижать потребные затраты.

Проведение численных исследований позволяет произвести дальнейший выбор параметров для экспериментов с наименьшими экономическими затратами, и в то же время получить зависимости между параметрами при различных исходных данных.

В данной работе была создана геометрическая модель расчетной области пневомеханической форсунки камеры сгорания газотурбинного двигателя. Проведено исследование влияния различных режимов работы двигателя на основные параметры распыла, при расчете проливки водой и керосином. Получены качественные и количественные параметры угла конуса распыла, толщины жидкостной пленки и пропускной способности. На основании полученных результатов проведено сравнение расчетов для разных типов жидкости с экспериментальными данными: в ходе сопоставления сделан вывод об их качественном и количественном совпадении. Сформированы рекомендации по созданию расчетных моделей при использовании разного типа жидкости для исследуемой модели форсунки.

Analysis of the effect of changes in the operating modes of the gas turbine engine on the characteristics of the spray of the pneumatic-mechanical nozzle

[1]Litvinenko Z.S., [2]Gurakov N.I., [2]Chechet I.V.

[1]PJSC “UEC-Kuznetsov”, [2]Samara university, Samara, Russia

During operation, the gas turbine engine engages several modes of operation, starting from start-up, ending with full power output. When switching from one mode to another, the parameters

affecting the operation of engine components, including the combustion chamber, change. Conducting experiments for each operating mode requires a lot of time, taking into account the changing conditions at the stand. Thus, the question arises of simplifying and reducing the cost of conducting experiments, in particular when choosing a liquid during experiments on spilling injectors. The above causes the need for gas dynamic calculations of spills, which allow analyzing a set of parameters, as well as significantly reducing the required costs.

Numerical studies allow for further selection of parameters for experiments with the lowest economic costs, and at the same time to obtain dependencies between the parameters for different initial data.

In this work, a geometric model of the computational domain of the pneumatic mechanical nozzle of the combustion chamber of a gas turbine engine was created. The influence of various engine operating modes on the main parameters of the spray was studied when calculating the spillage with water and kerosene. Qualitative and quantitative parameters of the spray cone angle, liquid film thickness and throughput were obtained. Based on the results obtained, calculations for different types of liquid were compared with experimental data: during the comparison, a conclusion was made about their qualitative and quantitative coincidence. Recommendations for the creation of computational models using different types of fluid for the nozzle model under study are formed.

Разработка и создание экспериментальной установки для исследования особенностей тепловых процессов в условиях вынужденной конвекции моторных авиационных масел

[1]Львов М.В., [1]Алтунин В.А., [1]Щиголев А.А., [2]Яновская М.Л.
[1]КНИТУ-КАИ, г. Казань; [2]ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва, Россия

Известно, что в моторных авиационных маслах происходят аномальные тепловые процессы, среди которых самым опасным является негативный процесс осадкообразования. Из-за осадкообразования происходит сокращение ресурса, надёжности, безопасности и эффективности поршневых и реактивных двигателей летательных аппаратов.

Авторами доклада хорошо исследован и изучен процесс осадкообразования в условиях естественной конвекции моторных авиационных масел при различных давлениях и температурах.

На основе проведённых исследований разработаны методы борьбы с осадкообразованием на нагреваемых металлических поверхностях в объёме различных моторных авиационных масел. Одним из эффективных способов предотвращения осадка является применение электростатических полей. Для исследования эффективности влияния электростатических полей на предотвращение осадка в условиях вынужденной конвекции моторных авиационных масел необходимо разработать и создать экспериментальную установку и рабочие участки.

Разработанная экспериментальная установка состоит из масляного бака, масляного насоса, рабочего участка, сливного бака, соединительных каналов, приборов замера расхода, давления и температуры масла, а также температуры металлического канала.

Рабочий участок состоит из сменной рабочей трубки, внутри которой расположена подвижная термопара с отогнутым корольком – для замера температуры нагрева внутренней стенки рабочей трубки при различных рабочих параметрах – без влияния и с влиянием электростатических полей. Нагреваемая Джоулевым теплом рабочая трубка расположена в цилиндрическом канале из оргстекла с возможностью обтекания и охлаждения моторным авиационным маслом. Две соосные рабочие иглы расположены перпендикулярно каналу и трубке в центре её длины с обеспечением работы гидродинамики электрического ветра в прокачиваемом масляном канале. Сменные рабочие трубки подготовлены из нержавеющей стали и из меди.

Первый этап экспериментальных исследований планируется – без применения электростатических полей, второй – с их применением.

Данная экспериментальная установка позволит определить:

• Скорость осадкообразования на различных нагреваемых металлических поверхностях при различных термодинамических условиях моторных авиационных масел;

• Площадь рабочей трубки без осадка при влиянии электростатических полей;

• Границы применимости электростатических полей при прокачке моторных авиационных масел: для борьбы с осадкообразованием; для повышения интенсификации теплоотдачи к моторным авиационным маслам в условиях их вынужденной конвекции.

На данную экспериментальную установку подана заявка на изобретение РФ.

Результаты экспериментальных исследований на данной установке позволят создавать новые и более эффективные системы смазки и охлаждения двигателей ЛА.

Development and creation of an experimental installation for studying the features of thermal processes under conditions of forced convection of engine aviation oils

[1]Lvov M.V., [1]Altunin V.A., [1]Shchegolev A.A., [2]Yanovskaya M.L.

[1]KNRTU-KAI, Kazan; [2]CIAM named after P.I. Baranov, Moscow, Russia

It is known that abnormal thermal processes occur in engine aviation oils, among which the most dangerous is the negative sedimentation process. Due to sedimentation, the resource, reliabil-ity, safety and efficiency of piston and jet engines of aircraft are reduced.

The authors of the report have well researched and studied the process of sedimentation in the conditions of natural convection of engine aviation oils at various pressures and temperatures.

Based on the conducted research, methods have been developed to combat sedimentation on heated metal surfaces in the volume of various engine aviation oils. One of the effective ways to prevent precipitation is the use of electrostatic fields. To study the effectiveness of the influence of electrostatic fields on the prevention of precipitation in the conditions of forced convection of engine aviation oils, it is necessary to develop and create an experimental installation and working areas.

The developed experimental installation consists of an oil tank, an oil pump, a working sec-tion, a drain tank, connecting channels, flow measurement devices, oil pressure and temperature, as well as the temperature of the metal channel.

The working section consists of a replaceable working tube, inside of which there is a mov-able thermocouple with a bent crown – for measuring the heating temperature of the inner wall of the working tube at various operating parameters – without the influence and with the influence of electrostatic fields. The working tube heated by Joule heat is located in a cylindrical plexiglass channel with the possibility of flowing and cooling with engine aviation oil. Two coaxial working needles are located perpendicular to the channel and the tube in the center of its length to ensure the operation of the hydrodynamics of the electric wind in the pumped oil channel. Replaceable working tubes are made of stainless steel and copper.

The first stage of experimental research is planned – without the use of electrostatic fields, the second - with their use.

This experimental setup will allow you to determine:

• The rate of precipitation on various heated metal surfaces under different thermodynamic conditions of engine aviation oils;

• The area of the working tube without sediment under the influence of electrostatic fields;

• The limits of the applicability of electrostatic fields when pumping engine aviation oils: to combat sedimentation; to increase the intensification of heat transfer to engine aviation oils in con-ditions of forced convection.

An application for the invention of the Russian Federation has been submitted for this ex-perimental installation.

The results of experimental studies on this installation will allow creating new and more ef-ficient lubrication and cooling systems for aircraft engines.

Определение геометрических характеристик акустического зонда полостного типа

Матвеев С.С., Радин Д.В., Макарьянц Г.М.

Самарский университет, г. Самара, Россия

Одной из концепций измерения пульсаций в камерах сгорания современных газотурбинных двигателей и установок является размещение датчика динамического давления как можно ближе к источнику пульсаций. Снижение тепловой напряжённости датчика, находящего в

непосредственной близости от высокотемпературной области, может обеспечиваться использованием специального зонда полостного типа. Данный тип зонда содержит в своей конструкции экран для снижения лучистого теплового потока. Охлаждение зонда обеспечивается потоком воздуха в кольцевом канале камеры сгорания.

Передача акустического сигнала до чувствительного элемента датчика осуществляется через проточную часть зонда, которая состоит из двух полостей, соединённых каналом. В связи с небольшим отдалением от источника пульсаций, влиянием вязкого трения на АЧХ можно пренебречь. Наиболее близкой моделью, описывающей акустические характеристики данной конструкции, является резонатор Гельмгольца. Для обеспечения точного восстановления сигнала собственная частота резонатора должна находиться за пределами частотного диапазона измерений. В то же самое время конструкция зонда должна обеспечивать необходимую температуры датчика. Это обеспечивается подбором геометрических характеристик полостей и канала.

Для определения геометрических характеристик зонда полостного типа была написана программа, реализующая импедансный метод расчёта акустических характеристик. Элементы зонды представлены в виде сосредоточенных нагрузок, соединенных друг с другом последовательно. Исходными данными для расчёта являются свойства рабочей среды, её температура и давление, а также требуемое значение собственной частоты. В процессе расчёта изменяются три параметра: длины обеих полостей, и диаметр полости приёмника пульсаций давления. Длина и диаметр канала определяются заранее из условия теплового состояния датчика.

В результате работы написана методика и программа проектного расчёта зонда полостного типа, позволяющая определять его геометрические параметры в зависимости от геометрических характеристик датчика.

Determination of the geometric characteristics of a cavity-type acoustic probe

Matveev S.S., Radin D.V., Makaryants G.M.
Samara University, Samara, Russia

One of the concepts for measuring pulsations in the modern gas turbine engines is the dynamic pressure sensor placement as close as possible to the source of the pulsations. Reducing the thermal factor of the sensor located in the immediate vicinity of the high-temperature region can be ensured by using a special cavity-type probe. This type of probe contains a shield in its design to reduce the radiant heat flux. Probe cooling is provided by the air flow in the annular channel of the combustor.

The transmission of the acoustic signal to the sensitive element of the sensor is carried out through the flow path of the probe, which consists of two cavities connected by a channel. Due to the small distance from the source of pulsations, the influence of viscous friction on the amplitude-frequency response characteristic can be neglected. The most cognate model describing the acoustic characteristics of this design is the Helmholtz resonator. To ensure accurate signal reconstruction, the natural frequency of the resonator must be outside the measurement frequency range. At the same time, the probe design must provide the required sensor temperature. This is ensured by the selection of the geometric characteristics of the cavities and the channel.

To determine the cavity-type probe geometric characteristics, a program that implements the impedance method for calculating the acoustic characteristics was developed. The probe structural elements are presented as lumped-parameter models. The initial data for the calculation are the working fluid properties, its temperature and pressure and required value of the natural frequency. Three parameters change during the calculation: the lengths of both cavities and the diameter of the pressure pulsation receiver cavity. Channel length and diameter are determined in advance from the condition of the sensor's thermal state.

As a result of the work, a methodology and program for the design calculation of a cavity-type probe was developed, which makes it possible to determine its geometric parameters depending on the geometric characteristics of the sensor.

Экспериментальное исследование потоков ионов в струе стационарного плазменного двигателя мощностью до 1 кВт

Меркурьев Д.В., Ким В.П., Баранов С.В., Горин Е.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

В докладе представлены результаты экспериментальных исследований струй стационарных плазменных двигателей (СПД) малой мощности (до 1 кВт), работающих на ксеноне или криптоне. В настоящее время наблюдается возросший спрос на СПД малой мощности для использования в составе малых космических аппаратов (КА) для орбитальных маневров и межорбитальной транспортировки, в том числе для «захоронения» отработавших КА. Одновременно с этим в космической технике началось использование СПД, работающих на «новом» рабочем веществе – криптоне. Примером подобных двигателей служат СПД, использующиеся в составе малых КА для орбитальной группировки Starlink (SpaceX) [1]. В условиях значительного роста интереса к СПД малой мощности появляется необходимость в обеспечении интеграции подобных двигателей в состав КА различной компоновки. И одним из основных вопросов при обеспечении совместимости СПД с аппаратом является взаимодействие струи двигателя с элементами самого КА. Как известно струя СПД имеет значительный полуугол расходимости, а для СПД малой мощности данный параметр возрастает еще больше [2]. Некоторые различия в параметрах струи СПД малой мощности наблюдаются при работе двигателя на ксеноне или криптоне. В целом же струи СПД малой мощности и закономерности, определяющие параметры струи, изучены недостаточно полно.

В данной работе приведены результаты исследования влияния остаточного давления газа в вакуумной камере на характеристики струй СПД малой мощности при их наземной отработке, а также произведено исследование ионных потоков, определяющих распределение ионов перезарядки в объеме струи СПД малой мощности. В будущем результаты перечисленных измерений будут использованы для разработки методики, позволяющей проводить измерение разных составляющих направленных ионных потоков и закономерностей формирования потоков ионов перезарядки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук, номер гранта – МК-3513.2021.4 в рамках Соглашения № 075-15-2021-301 от 19.04.2021 г.

Литература:

1. SpaceX reveals more Starlink info after launch of first 60 satellites available at https://techcrunch.com/2019/05/24/spacex-reveals-more-starlink-info-after-launchof-first-60-satellites

2. V P Kim, D V Merkurev, E A Shilov, V S Zakharchenko and V G Kalyazin 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012053.

Experimental study of ion fluxes in the plume of stationary plasma thruster with power of up to 1 kW

Merkurev D.V., Kim V.P., Baranov S.V., Gorin E.D.
MAI, Moscow, Russia

The report presents the results of experimental studies of plumes of stationary plasma thrusters (SPT) of low power (up to 1 kW) operating on xenon or krypton. Currently, there is an increased demand for low-power SPTs for use on small satellites for orbital maneuvers and interorbital transportation, including for "disposal" satellites which lack of lifetime. At the same time, space technology began to use SPTs operating on a "new" propellant - krypton. An example of such thrusters are SPTs used in small satellite for the Starlink constellation (SpaceX) [1]. In the context of a significant increase in interest in low-power SPTs, it becomes necessary to ensure the integration of such thrusters into satellites of various configurations. And one of the main issues in ensuring the compatibility of the SPT with the satellite is the interaction of the plume of the thruster with the elements of the satellite itself. As is known, the SPT plume has a significant divergence half-angle, and for low-power SPTs this parameter increases even more [2]. Some differences in the parameters of the low-power SPT jet are observed when the engine is running on xenon or krypton. On the whole,

low-power SPT plumes and the determinations of the plume parameters have not been adequately studied.

This report yields the results of a study of the effect of the residual gas pressure in a vacuum chamber on the characteristics of low-power SPT plumes during their ground-based development, as well as a study of ion fluxes that determine the distribution of charge exchange ions in the volume of a low-power SPT plume. In the future, the results of these studies will be used to develop a methodology that makes it possible to measure various components of directed ion fluxes and the regularities in the formation of charge exchange ion fluxes.

This work was supported by The Council for grants of President of Russian Federation for state support of young scientists, (project No – МК-3513.2021.4 under Contract No 075-15-2021-301 from 19.04.2021).

References:

1. SpaceX reveals more Starlink info after launch of first 60 satellites available at https://techcrunch.com/2019/05/24/spacex-reveals-more-starlink-info-after-launchof-first-60-satellites

2. V P Kim, D V Merkurev, E A Shilov, V S Zakharchenko and V G Kalyazin 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012053.

Ограничительные требования по применению электроракетных двигателей на космических аппаратах в части эрозионного, загрязняющего, теплового и механического воздействия

Надирадзе А.Б.

МАИ, г. Москва, Россия

Как известно, применение ЭРД на КА сопряжено с рядом негативных эффектов, обусловленных воздействием ионов струи на элементы конструкции КА [1,2]. Наиболее опасными для КА являются тепловое, эрозионное, механическое и загрязняющее воздействия. Учет этих эффектов должен производиться на самых ранних этапах проектирования. Однако проведение детальных расчетов на этих этапах не рационально, поскольку нет полных данных о компоновке и материалах, применяемых КА. В связи с этим проектировщикам КА нужен простой и интуитивно понятный алгоритм размещения ЭРД на КА, исключающий возможность критического воздействия на него струй ЭРД. В настоящее время с этой целью применяют простейшее ограничение по углу расходимости струи, полагая, что за границей угла расходимости потоки ионов отсутствуют и в этой зоне можно устанавливать любое оборудование. Однако такой подход является весьма грубым и может приводить к ошибкам как в лучшую, так и в худшую сторону. Значительно повысить точность можно путем применения специально рассчитанных границ, определяющих области возможного размещения элементов КА. Поскольку априорная информация о положении и материалах поверхности элементов в струе отсутствует, расчеты проводятся для худшего случая. В данной работе рассмотрены методы определения границ таких областей для четырех указанных выше эффектов. Граница допустимых значений теплового воздействия оценивается по величине равновесной температуры, которая рассчитывается в предположении полной термической аккомодации ионов. Граница допустимых значений эрозионного воздействия оценивается по величине максимально возможной скорости эрозии в различных точках струи. Поскольку величины механического и загрязняющего воздействия являются интегральными, понятие допустимых границ для них лишено смысла. Поэтому для этих двух типов воздействия используется деление пространства на ячейки с последующим суммированием вклада от каждой ячейки, в которую попадает элемент конструкции. Альтернативным подходом является оценка максимального воздействия для типовых элементов конструкции (антенны, панели солнечных батарей) при различном положении этих элементов

Литература:

1. Ким В.П., Надирадзе А.Б., Попов Г.А., Ходненко В.П., Шишкин Г.Г. «Проблемы применения электроракетных двигателей на космических аппаратах» – в кн. «Модель

космоса», изд. 8-е., том 2, «Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов», под ред. проф. Л.С. Новикова, М. 2007 г., изд.-во «Книжный дом Университет». – с. 615-659.
2. Goebel D.M., Katz I. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters - Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2008.

Constraint requirements for applying electric propulsion thruster at the spacecraft in point of erosion, polluting, heat and mechanical impacts

Nadiradze A.B.
MAI, Moscow, Russia

It is known that if an electric propulsion thruster is used at the spacecraft, several negative effects can be due to ion jet action to spacecraft elements [1]. The most dangerous are heat, erosion, mechanical and polluting impacts. These effects should be considered at the earliest stages of design cycles. But it is not reasonable to perform detailed calculations at these stages since there is no complete information on arrangement and materials used at the spacecraft. Therefore, it is necessary to have a simple and intuitive algorithm for calculating EPT location at the spacecraft with the help of which it becomes possible to exclude critical impact caused by EPT jets. At the present time the simplest limitation on jet divergence angle is used. It is assumed that there are no ion flows beyond the divergence angle and any equipment can be place here. But such approach is very rough and can cause errors making results better or worse. It is possible to improve the results by using specially calculated boundaries describing the areas where the spacecraft's elements can be placed. Since a priory there is no information on elements' materials and position in the jet, the calculations are performed for the worst case. Methods for determining such constraint boundaries for four mentioned effects are examined in the present paper. The heat impact boundary is estimated according to the equilibrium temperature, which is calculated under assumption on ion complete accommodation. The erosion heat boundary is estimated according to maximal possible erosion rate in different jet points. Since mechanical and polluting impacts are integral parameters, the idea on constraint boundaries is senseless for them. For these types of impacts the following procedure is used: the space is separated into cells and the contribution of each cell, in which the spacecraft's element is, is considered. The alternative approach is as follows: to estimate maximal impact for typical structure elements (antenna, solar array panels) under different position of these elements with respect to thruster's jet.

References:

1. Kim, V.P., Nadiradze, A.B., Popov, G.A., Khodnenko, V.P., and Shishkin, G.G., Problems on applying electric propulsion thrusters at the spacecrafts, in Space Model, vol. 2: Ambient Impact onto Spacecrafts' Materials and Equipment, Novikov, L.S., Ed., Moscow: Knizhnyi dom "Universitet", 2007, pp. 615–659.
2. Goebel D.M., Katz I. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters - Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2008.

Моделирование влияния эксплуатационных повреждений рабочих лопаток компрессора низкого давления авиационных ГТД на качество функционирования поврежденного компрессора и надежность двигателя

Нгуен Тхань Шон, Сиротин Н.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Повреждение лопатки компрессора посторонними предметами с взлетно-посадочной полосы или птицей в условиях эксплуатации приводит к изменению конфигурации их профиля и снижению конструктивной прочности. Снижение конструктивной прочности учитывается путем нормирования забоин. Снижение эффективности работы поврежденного компрессора как лопаточной машины не указывается. Опыт эксплуатации ГТД показывает о необходимости иметь данные о характере изменения устойчивой работы двигателя, снижения эффективности компрессора как лопаточной машины в случае его повреждения. Нарушение характера обтекания поврежденных лопаток КНД, в виде забоин на входной кромке, приводит к уменьшению хорды на величину, к изменению расхода воздуха в межлопаточных каналах и

к значительному ухудшению характеристик КНД на определенных режимах. Из-за изменения угла атака и высоты межлопаточного канал с увеличением уровня повреждения возрастает интенсивность турболизации пограничного слоя, что приводят к уменьшению запаса газодинамической устойчивости на всех режимах работы КНД. Доказано, что только значительные эксплуатационные повреждения, определенного вида, лопаток КНД ТРДД типа РД-33, оказывают влияние на характеристики поврежденного КНД и качество работы двигателя. Влияние регистрируется только в определенном диапазоне частот вращения ротора компрессора. Для ТРДД типа РД-33 – на режимах n=80%, и n=85%. Нарушение характера обтекания поврежденных лопаток КНД, в виде забоин глубиной >6,0 мм на входной кромке, приводит к изменению расхода воздуха в межлопаточных каналах и к значительному ухудшению характеристик КНД.

Modeling the influence of operational damage to the working blades of a low-pressure compressor of aircraft gas-turbine engines on the quality of functioning of a damaged compressor and engine reliability

Nguyen Thanh Son, Sirotin N.N.
MAI, Moscow, Russia

Damage to the compressor blade by foreign objects from the runway or by birds under operating conditions leads to a change in the configuration of their profile and a decrease in structural strength. The decrease in structural strength is taken into account by standardizing the nicks. Decrease in efficiency of the damaged compressor has not been reported earlier. The experience of operating a gas turbine engine shows the need to have data on the character of changes in the stable operation of the engine and the decrease in the efficiency of the compressor in the case of its damage. Violation of the character of the flow around damaged blades of LPC in the form of nicks on the leading edge leads to a decrease in the chord by an amount, to a change in the mass flow rate in the interscapular channels and to a significant deterioration of characteristics of the LPC in certain modes. Due to a change in the angle of attack and the height of the interscapular channel, with an increase in the level of damage, the intensity of turbolization of the boundary layer increases, which leads to a decrease in the margin of gas-dynamic stability in all operating modes of the LPC. It has been proven that only significant operational damage of a certain type of blades, have an impact on the characteristics of the damaged LPC and the quality of engine operation. The influence is recorded only in a certain range of compressor rotor speeds. For a turbojet engine of the RD-33 type – in the modes n = 80%, and n = 85%.

Сравнение антифреттинговых композитных твердых смазочных покрытий, полученных методом атмосферного плазменного напыления, для защиты деталей ГТД

Николаев И.А., Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Бляхарский Я.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Газотурбинный двигатель является сложной колебательной системой, детали и узлы которой работают в условиях вибрации и циклического нагружения. В связи с этим в сопряженных элементах наблюдается малоамплитудные возвратно-поступательные перемещения поверхностей друг относительно друга в условиях высоких контактных давлений, которые могут привести к возникновению фреттинг-износа поверхностей с образованием концентраторов напряжений в виде каверн и трещин в локальных контактных зонах.

Для защиты элементов из титанового сплава ВТ6, работающих в условиях высокой вероятности возникновения фреттинг-износа, используют различные покрытия, получаемые методами газотермического напыления [1,2,3], ионно плазменного напыления [4,5,6] и др [7,8]. В представленной работе сравниваются композитные антифреттинговые покрытия различного состава: CuNiIn, Ni[Cg], Ni[hBN]

Исследование процесса фреттинг-изнашивания проводилось на машине трения 3308, реализующей возвратно-поступательное перемещение двух тел друг относительно друга. Испытания проходили при постоянной нормальной нагрузке Fн= 300 МПа и частоте f = 10 Гц,

величина перемещения составила D=200мкм, количество циклов трения – n=10^5. В качестве контртела использовали образец из титанового сплава ВТ6 без покрытия.

В процессе каждого эксперимента проводилось измерение ширины следов износа образцов для определения скорости изнашивания и обследования состояния поверхностей трения. Измерение объемного износа образцов после испытаний проводили на лазерном интерференционном микроскопе Olympus LEXT OLS 5000. Морфологию пятен износа и покрытий исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии на микроскопе Carl Zeiss EVO-40, элементный анализ проводили методом энергодисперсионного микроанализа с помощью INCA Oxford instr. В процессе работы получены зависимости коэффициента трения от количества циклов, скорости износа, исследованы механизмы разрушения покрытий.

1. Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Трошин А.Е., Защитные покрытия замков вентиляторных лопаток ГТД, новые разработки в области защитных, теплозащитных и упрочняющих покрытий для деталей ГТД, Сборник докладов Научно-технической конференции. ФГУП «ВИАМ». 2016.

2. Fiala, P., & Hajmrle, K. Cobalt Based Antifretting Coatings. 2010

3. Lesnevskii, L.N., Lezhnev, L.Y., Lyakhovetskii, M.A. et al. Wear resistance of composite plasma coatings with graphite. J. Mach. Manuf. Reliab. 46, 25–32, 2017

4. Fu, Y., Loh, N. L., Batchelor, A. W., Liu, D., Xiaodong Zhu, He, J., & Xu, K. Improvement in fretting wear and fatigue resistance of Ti–6Al–4V by application of several surface treatments and coatings. Surface and Coatings Technology, 106(2-3), 193–197, 1998

5. Xu, G. H., Zhu, M., Liu, J., Zhou, Z., & Liang, H. The effect of pre-treatment of substrate on fretting tribological behavior of MoS2 coatings. Wear. 2003

6. Hager, C. H., Sanders, J., Sharma, S., & Voevodin, A. Gross slip fretting wear of CrCN, TiAlN, Ni, and CuNiIn coatings on Ti6Al4V interfaces. Wear, 263 (1-6), 430-443, 2007

7. Smid, I., Segall, A. E., Walia, P., Aggarwal, G., Eden, T. J., & Potter, J. K. Cold-Sprayed Ni-hBN Self-Lubricating Coatings. Tribology Transactions, 55(5), 599–605, 2012

8. Zhang, Y., Michael Shockley, J., Vo, P., & Chromik, R. R. Tribological Behavior of a Cold-Sprayed Cu–MoS2 Composite Coating During Dry Sliding Wear. Tribology Letters, 62(1), Laser cladding, Cold spray. 2016

Comparison of anti-fretting composite solid lubricating coatings obtained by atmospheric plasma spraying to protect gas turbine engine parts

Nikolaev I.A., Lesnevsky L.N, Lyakhovetsky M.A., Blyakharsky Ya.S.
MAI, Moscow, Russia

A gas turbine engine is a complex oscillatory system, parts and assemblies of which operate under conditions of vibration and cyclic loading. In this regard, low-amplitude reciprocating movements of surfaces relative to each other are observed in the conjugated elements under high contact pressures, which can lead to the occurrence of fretting wear of surfaces with the formation of stress concentrators in the form of cavities and cracks in local contact zones [1].

To protect elements made of titanium alloy VT6, operating under conditions of high probability of fretting wear, various coatings obtained by gas-thermal spraying methods are used [4]. In the presented work, composite antifreting coatings of various compositions are compared: CuNiIn, Ni[Cg], Ni[hBN] [2,3,5,6].

The study of the process of fretting wear was carried out on a 3308 friction machine that implements the reciprocating movement of two bodies relative to each other. The tests were carried out at a constant normal load of Fn = 300 MPa and a frequency of f = 10 Hz, the displacement value was D = 200 mkm, the number of friction cycles was n = 10^5. A sample of titanium alloy VT6 without coating was used as a counterbody.

During each experiment, the width of the wear marks of the samples was measured to determine the wear rate and to examine the condition of the friction surfaces. Measurement of the volumetric wear of samples after testing was carried out on an Olympus LEXT OLS 5000 laser interference microscope. The morphology of wear spots and coatings was studied using scanning electron

microscopy on a Carl Zeiss EVO-40 microscope, elemental analysis was performed by energy-dispersive microanalysis using INCA Oxford instr. In the process of work, the dependences of the coefficient of friction on the number of cycles, the rate of wear are obtained, the mechanisms of destruction of coatings are investigated.

Экспериментальные исследования структуры течения в камере сгорания ГТД при влиянии несимметричности входной скорости

Носкова К.Р., Гурьянов А.И., Гурьянова М.М.
[1]РГАТУ, г. Рыбинск, Россия

В камере сгорания ГТД происходит комплекс теплофизических процессов, включая сложную газодинамическую турбулентную структуру течения с зонами рециркуляции. Нестационарность течения в последней ступени компрессора и направляющем аппарате, а также остаточная закрутка потока может привести к несимметричному распределению скорости по высоте входного сечения диффузора, которая оценивается коэффициентом K, определяющимся отношением среднерасходных скоростей потока в верхнем и нижнем полуканалах соответственно. Это обуславливает снижение газодинамической эффективности, ухудшение интегральных характеристик и увеличение гидравлических потерь камеры сгорания и, соответственно, уменьшение производительности турбины [1, 2]. Это определяет важность исследований, учитывающих влияние несимметричности скорости.

В мировой практике современные и перспективные малоэмиссионные камеры чаще работают на «бедных» смесях с частичным или полным пространственным разделением зон смешения и горения в объеме жаровой трубы (ЖТ) и предварительно перемешанной топливовоздушной смесью (ТВС) в горелочных модулях. Следовательно, необходимо формировать «бедную» ТВС со значением коэффициента избытка воздуха 1,8-2,2. В «бедную» зону горения нельзя подавать струи охлаждающего воздуха, так как это приводит к созданию переохлажденных областей вблизи стенок ЖТ, в которых останавливается реакция горения и существенно ухудшаются характеристики по эмиссии монооксида углерода и несгоревших углеводородов. Поэтому в камерах практически отсутствуют пояса охлаждающих отверстий. Это приводит к тому, что полностью перераспределяются расходы воздуха по основным элементам КС: между кольцевыми каналами (КК), горелочным модулем и жаровой трубой. Это требует изучения газодинамики в КК и ЖТ с учетом изменяющейся площади основных и охлаждающих отверстий.

Выполнены исследования влияния структуры течения в камере сгорания ГТД с учетом несимметричности входного профиля скорости на газодинамическую эффективность основных элементов камеры и величину гидравлических потерь в проточной части.

Выяснено, что при проектировании КС важным моментом является сохранение величины несимметричности в диапазоне значения K, близким к 1, что позволяет обеспечить максимально полную величину давления на выходе КС и соответственно минимум гидравлических потерь.

Разработан метод усовершенствования газодинамической эффективности КС ГТД за счет внесения в поле течения симметричной эпюры скорости с коэффициентом K, близким к 1, что позволяет обеспечить максимально полную величину давления на выходе из КС и соответственно минимум гидравлических потерь.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение фундаментальных научных исследований на 2021 год и плановый 2022 год (шифр научной темы 0774-2020-0004; номер темы: FSSG-2020-0004; регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР АААА-А20-120120790010-3).

Литература:

1. Гурьянова, М. М. Расчётно-экспериментальное исследование газодинамики камеры сгорания ГТД / М. М. Гурьянова, К. Р. Тимофеева, А. И. Гурьянов // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. – №4 (51). – 2019. С. 32-40.

2. Gur'yanova, M. M. Joint effect of input asymmetrical velocity profile and initial turbulence intensity on hydraulics of a separated diffuser of GTE combustion chamber / M. M. Gur'yanova, Sh. A. Piralishvili // Russian Aeronautics (Iz.VUZ). – 2016. – Vol. 59. – №2. – Pp. 197–205.

Experimental studies of the flow structure in the combustion chamber of a gas turbine engine under the influence of the asymmetry of the input velocity

Noskova K.R., Guryanov A.I., Guryanova M.M.
RSATU, Rybinsk, Russia

A complex of thermophysical processes takes place in the combustion chamber of a GTE, including a complex gas-dynamic turbulent flow structure with recirculation zones. The unsteadiness of the flow in the last stage of the compressor and the guide vanes, as well as the residual swirl of the flow, can lead to an asymmetric distribution of the velocity along the height of the inlet section of the diffuser, which is estimated by the coefficient K, which is determined by the ratio of the average flow rates in the upper and lower half-channels, respectively. This causes a decrease in gas-dynamic efficiency, deterioration of integral characteristics and an increase in hydraulic losses of the combustion chamber and, accordingly, a decrease in turbine performance [1, 2]. This determines the importance of studies that take into account the effect of velocity asymmetry.

In world practice, modern and promising low-emission chambers often operate on "lean" mixtures with partial or complete spatial separation of the mixing and combustion zones in the volume of the flame tube (LF) and a premixed fuel-air mixture (FA) in the burner modules. Therefore, it is necessary to form a "lean" fuel assembly with an air excess factor of 1.8-2.2. Cooling air jets should not be supplied to the "lean" combustion zone, since this leads to the creation of supercooled regions near the walls of the liquid fuel, in which the combustion reaction stops and the characteristics for the emission of carbon monoxide and unburned hydrocarbons significantly deteriorate. Therefore, there are practically no cooling hole belts in the chambers. This leads to the fact that the air flow rates are completely redistributed over the main elements of the combustion chamber: between the annular channels (CC), the burner module and the flame tube. This requires the study of gas dynamics in the CC and liquid fuel, taking into account the changing area of the main and cooling holes.

The study of the influence of the flow structure in the combustion chamber of a gas turbine engine, taking into account the asymmetry of the inlet velocity profile on the gas-dynamic efficiency of the main elements of the chamber and the value of hydraulic losses in the flow path.

It was found that when designing the combustion chamber, an important point is the preservation of the asymmetry value in the range of K values close to 1, which makes it possible to provide the maximum total pressure at the combustion chamber outlet and, accordingly, a minimum of hydraulic losses.

A method has been developed to improve the gas-dynamic efficiency of a gas turbine engine combustor by introducing a symmetric velocity profile into the flow field with a coefficient K close to 1, which allows providing the maximum total pressure at the combustor outlet and, accordingly, a minimum of hydraulic losses.

The work was carried out within the framework of the state assignment for the implementation of fundamental scientific research for 2021 and the planned year 2022 (code of the scientific topic 0774-2020-0004; topic number: FSSG-2020-0004; registration number in USIAS RD&TW AAAA-A20-120120790010-3).

Динамическая модель электростатического распыления жидкости

Обухов В.А., Пейсахович О.Д., Мельников А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Феноменологическое описание электростатического распыления позволяет связать основные параметры заряженных частиц и вытекающие из этого ограничения на заряд частиц (капель) [1]. Из общего рассмотрения следует также, что заряд частиц определяется соотношением скоростей образования частицы и объемного заряда. Это предопределяет интерес к рассмотрению динамической модели распыления как к развитию неустойчивости жидкой поверхности электропроводящей жидкости в сильном электрическом поле. Процесс

электризации накладывается на процесс роста неустойчивости и происходит за счет объемной электропроводности. Масштаб задачи определяется размером распылителя, например, радиусом капилляра, из которого истекает жидкость и попадает в сильное электрическое поле. Нас интересуют возмущения с длиной волны λ много меньше радиуса капилляра R. В упрощенном виде волновое движение реальной жидкости бесконечной глубины описываются уравнениями Навье-Стокса [2]. Отличие от известных задач гидродинамики заключается в воздействие на развивающуюся неоднородность совместно капиллярного натяжения и электростатического давления. При малой длине волны возмущения и сильного электрического поля при малых расходах жидкость ведет себя как «весьма вязкая». За счет вязкости на начальном этапе происходит «подтягивание» жидкости и горизонтальная скорость существенна, а при дальнейшем развитии неустойчивости, в основном действуют нормальные силы. Заряд капли отстает от роста возмущения Последовательный анализ позволяет найти связь удельного заряда частиц с физическими свойствами жидкости и режимными параметрами, которая подтверждается экспериментами.

Литература:

1. V.V. Nigmatzynov, V.A. Obukhov, G.A. Popov, V.V. Svotina. Colloid thrusters. Development status and prospects for application. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012030.

2. В.Г. Левич. Физико-химическая гидродинамика. Изд. 2-е. М.-Л. 1959

Dynamic model of electrostatic spraying

Obukhov V.A., Peysakhovich O.D., Melnikov A.V.

MAI, Moscow, Russia

The phenomenological description of electrostatic spraying makes it possible to relate the main parameters of charged particles and the resulting restrictions on the charge of particles (droplets) [1]. It also follows from general consideration that the particle charge is determined by the ratio of the rates of particle formation and space charge. This predetermines the interest in considering the dynamic spraying model as the development of instability of the liquid surface of an electrically conductive liquid in a strong electric field. The electrification process is superimposed on the process of instability growth and occurs due to bulk electrical conductivity. The scale of the problem is determined by the size of the emitter, for example, the radius of the capillary from which the liquid flows out and enters a strong electric field. We are interested in disturbances with a wavelength λ much less than the capillary radius R. In a simplified form, the wave motion of a real fluid of infinite depth is described by the Navier-Stokes equations [2]. The difference from the well-known problems of hydrodynamics lies in the effect on the developing inhomogeneity of the joint capillary tension and electrostatic pressure. At a small wavelength of disturbance and a strong electric field at low flow rates, the liquid behaves as "very viscous". Due to the viscosity at the initial stage, the liquid is “pulled up” and the horizontal velocity is significant, and with the further development of instability, normal forces mainly act. The droplet charge lags behind the perturbation growth. Sequential analysis makes it possible to find the relationship between the specific charge of particles and the physical properties of the liquid and operating parameters, which is confirmed by experiments.

References:

1. V.V. Nigmatzynov, V.A. Obukhov, G.A. Popov, V.V. Svotina. Colloid thrusters. Development status and prospects for application. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012030.

2. V.G. Levich. Physical and Chemical Hydrodynamics. Edit 2th. 1959 (Rus.)

Определение приоритетной конфигурации воздухозаборника для воздушно-космической системы

Павлов К.А., Яковлев А.А.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время возникает необходимость в создании совершенно новых воздушно-космических систем, способных совершать крейсерский полет на большой высоте при скорости, указанной в [11] для воздушно-реактивных двигателей переменного цикла. Такие летательные аппараты (ЛА) позволят снизить стоимость выведения полезной нагрузки на

орбиту для освоения космического пространства, а также позволит уменьшить нагрузку на существующие космодромы за счет проведения пусков с аэродромов.

В работе отмечена актуальность создания комбинированной силовой установки (КСУ) для ЛА, обеспечивающей широкий полетный диапазон по высоте и скорости, а также проанализированы существующие международные проекты в данном направлении. Определен приоритетный вариант входного устройства (ВУ) для турбопрямоточного двигателя, а также метод проведения численного моделирования с целью дальнейшей оптимизации параметров для Мп<2,2.

Исследования процессов торможения потока в рассматриваемом ВУ позволит определить характеристики и уточнить проектные параметры КСУ. В процессе моделирования такой системы планируется выявить нестационарные процессы, в том числе возникающие при переходе режима работы двигателя из турбореактивного в прямоточный режим, что позволит разработать методы по обеспечению газодинамической устойчивости на ранних этапах создания демонстратора.

1. А.Б. Агульник, В.И. Бакулев, В.А. Голубев, И.В. Кравченко, Б.А. Крылов – Термогазодинамические расчеты и расчет характеристик авиационных ГТД /Под ред. В.И. Бакулева: Учебное пособие.: - М.: Изд-во МАИ, 2002 – 256 с.

2. Jesse R. Colville, Mark J. Lewis, Ryan Starkey - Axisymmetric Inlet Design for Combined-Cycle Engines, 2006

3. Unmeel Mehta, Prior Affiliation, Michael J. Aftosmis, Jeffrey V. Bowles, Shishir Pandya - Skylon Aerodynamics and SABRE Plumes, 2015

4. В.И. Звегинцев – Газодинамические проблемы при работе сверхзвуковых воздухозаборников в нерасчетных условиях (обзор) — Теплофизика и аэромеханика, 2017

5. Ю.П. Гунько, И.И. Мажуль - Газодинамическое построение плоского сверхзвукового воздухозаборника – 2012

6. Eiman B. Saheby, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Xing Shen, Anthony P Hays- Design and performance study of a parametric diverterless supersonic inlet – 2019

7. Sudip Das, Jai Kumar Prasad - Starting Characteristics of Rectangular Supersonic Air-Intake with Cowl Deflection – 2010

8. В.А. Виноградов, Я.А. Мельников, В.А. Степанов – Выбор и проектирование пространственного нерегулироемого воздухозаборника для сверхзвукового делового самолета – Ученые записки ЦАГИ – 2017

9. Л.В. Быков, А.М. Молчанов, Д.С. Янышев. Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики – 2019

10. А.М. Молчанов, Д.С. Янышев, Л.В. Быков, и др. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники – 2013

11. Cong Wang , Chan Ha , Xin Pan , Jiang Qin, Hongyan Huang – Thermodynamic analysis of chemical precooled turbine combined engine cycle – 2021

Determining the priority air intake configuration for aerospace system

Pavlov K.A., Yakovlev A.A.

MAI, Moscow, Russia

Currently, there is a need to create completely new aerospace systems capable of cruising at high altitudes at the speed specified in [11] for variable cycle air-breathing engines. Such aircraft will reduce the cost of launching a payload into orbit for space exploration, and will also reduce the load on existing cosmodromes through launches from aerodromes.

The paper notes the relevance of creating an engine with combined cycle for the aerospace system, providing a wide flight range in height and speed, and also analyzes existing international projects in this direction. The priority variant of the input device for the turboprop-jet engine, as well as the method of carrying out numerical modeling with the aim of further optimization of the parameters, have been determined for M≤2,2.

Investigation of the flow deceleration processes in the considered air intake will allow to determine the characteristics and clarify the design parameters of the combined engine. In the process of

modeling such a system, it is planned to identify non-stationary processes, including those arising from the transition of the engine operating mode from the turbojet to the direct-flow mode, which will make it possible to develop methods to ensure gas-dynamic stability at the early stages of the demonstrator creation.

Разработка и испытание высокочастотного инжектора ионов, предназначенного для отработки метода бесконтактного увода объектов космического мусора с околоземных орбит

Пейсахович О.Д., Мельников А.В., Демченко Д.С., Могулкин А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время исключительную актуальность приобрела проблема засорения околоземного пространства (ОКП) объектами космического мусора (ОКМ) техногенной природы. Особенная актуальность обозначенной проблемы инициировала по всему миру начало активных исследований и разработок в области методов очистки ОКП [1].

Для наземной отработки одного из методов, заключающегося в создании сфокусированного ионного пучка, который при взаимодействии с поверхностью ОКМ будет передавать свой импульс, влияя на скорость объекта и, следовательно, на высоту его орбиты, авторами работы был создан инжектор ионов, разработанный с использованием передовых технологий высокочастотных ионных двигателей (ВЧИД) [2]. Для изучения возможности снижения расходимости ионного пучка, являющейся критичной для обеспечения эффективной работы сервисного КА для увода ОКМ, было отработано две конфигурации ионно-оптической системы (ИОС), предназначенной для фокусировки и ускорения ионного пучка: с электродами, имеющими классические круглые отверстия, и с электродами, имеющими щелевые отверстия. При этом при каждой из конфигураций были успешно испытаны электроды из ковара и из углерод-углеродного композита. Проведённые исследования интегральных характеристик для каждой конфигурации ИОС позволили определить оптимальные режимы работы инжектора ионов при использовании, как ксенона, так и криптона в качестве рабочего тела [3].

Результатами выполненных работ являются: лабораторный образец высокочастотного инжектора ионов с ИОС, конфигурация которой рассчитана на ускоряющее напряжение более 4 кВ, и за счёт использования углеродных электродов с щелевыми отверстиями обеспечивает низкие углы расходимости ионного пучка и высокую стабильность работы.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Российской Федерации, выделяемого из федерального бюджета для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях и государственных научных центрах Российской Федерации (VII очередь, Постановление Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 № 220, Соглашение от 03.12.2019 № 075–15–2019–1894).

Литература:

1. Bombardelli, C. Ion Beam Shepherd for Contactless Space Debris Removal / C. Bombardelli, J. Peláez // Journal of Guidance, Control and Dynamics. – December 2010. – 9 p.

2. Computational and experimental investigation of a weakly diverging ion beam source IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 868(1), 012019 // 10.1088/1757-899X/868/1/012019 M Cherkasova, A Mogulkin., V Nigmatzyanov, V Obukhov, O Peysakhovich, G Popov

3. Modeling and experimental study of an ion source with a weakly diverging ion beam IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 862(6), 062082 // 10.1088/1757-899X/862/6/062082 Obukhov V.A., Mogulkin A.I., Peysakhovich O.D., Kozhevnikov V.V., Nigmatzyanov

Development and testing of a high-frequency ion injector designed to test the method of contactless removal of space debris from near-earth orbits

Peysakhovich O.D., Melnikov A.V., Demchenko D.S., Mogulkin A.I.
MAI, Moscow, Russia

At present, the problem of contamination of the near-earth space region (NESR) by objects of space debris (SDO) of man-made nature has acquired exceptional relevance. The particular relevance of the indicated problem initiated the beginning of active research and development in the field of methods for cleaning NESR all over the world [1]. For an experimental study of one of the methods, which consists in creating a focused ion beam, which, when interacting with the SDO surface, will transmit its momentum, affecting the object's velocity and, consequently, the height of its orbit, the authors of the work created an ion injector developed using advanced technologies radio frequency ion thrusters (RFIT) [2]. To study the possibility of reducing the divergence of the ion beam, which is critical for ensuring the efficient operation of the service spacecraft for removing the NESR, two configurations of the ion-extraction system (IES) designed for focusing and accelerating the ion beam were studied: with electrodes having classical round holes, and with electrodes with slotted holes. At the same time, with each of the configurations, electrodes from Kovar alloy and from a carbon-carbon composite were successfully tested. The studies of the integral characteristics for each IES configuration made it possible to determine the optimal operating modes of the ion injector when using both xenon and krypton as a working fluid [3]. The results of the work performed are: a laboratory sample of a high-frequency ion injector with an IES, the configuration of which is designed for an accelerating voltage of more than 4 kV, and, due to the use of carbon electrodes with slotted holes, provides low divergence angles of the ion beam and high stability of operation.

This study was supported by the grant of the Government of the Russian Federation allocated from the federal budget for state support of scientific research conducted under the guidance of leading scientists in Russian educational institutions of higher education, research institutions and state research centers of the Russian Federation (Contest 7, Resolution No.220 of the Government of the Russian Federation of April 9, 2010). Agreement No. 075-15-2019-1894 of December 3, 2019.

References:

1. Bombardelli, C. Ion Beam Shepherd for Contactless Space Debris Removal / C. Bombardelli, J. Peláez // Journal of Guidance, Control and Dynamics. - December 2010 .-- 9 p.

2. Computational and experimental investigation of a weakly diverging ion beam source IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 868 (1), 012019 // 10.1088 / 1757-899X / 868/1/012019 M Cherkasova, A Mogulkin., V Nigmatzyanov, V Obukhov, O Peysakhovich, G Popov

3. Modeling and experimental study of an ion source with a weakly diverging ion beam IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 862 (6), 062082 // 10.1088 / 1757-899X / 862/6/062082 Obukhov VA, Mogulkin AI, Peysakhovich OD, Kozhevnikov VV, Nigmatzyanov

Возможности криогенной системы для гибридной электрической установки б/п самолета/ дирижабля на жидком водороде и системами с высокотемпературной сверхпроводимостью

Поняев Л.П., Равикович Ю.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Перспективы развития новых и высокоэффективных концепций гибридных электрических самолетов (НЕА) с гибридными силовыми установками (НЕР) для региональных и магистральных авиалиний непосредственно связаны с использованием более выгодных криогенных систем охлаждения бортовых электрокомпонентов и размещения объемных емкостей сжиженного (жидкого) водорода (LH2) и интегральных пленочных солнечных систем (SolarEV) для различных и самолетов (SOLARSTRATOS) и гибридных дирижаблей (типа Термоплан МАИ).

На протяжении многих лет непосредственно в лабораториях МАИ и в КБ «Термоплан» проводились комплексные научные исследования и разработки по различным актальным

направлениям в целях создания научного задела и реализации потенциальных разработок и математического моделирования различных процессов выбора выгодных систем охлаждения.

Наиболее выгодно использование систем охлаждения жидким азотом (LN) и с расчетами под жидкий гелий (LHe) или водород (LH2) и создания тестовых демо-стендов оптимизации их рабочих эксплуатационных режимов, выгодных внедрения электрических агрегатов на основе использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), что подтвердило значимость в развитии международного проекта FUTPRINT50 в кооперации с ЦИАМ. ЦАГИ, ГосНИИАС и НИЦ им. Жуковского по созданию гибридно электрических пассажирских региональных самолетов.

Opportunities of cryogenic system for hybrid electric propulsion aircraft/solar airship with LH2 and high temperature superconductor

Ponyaev L.P., Ravikovich Yu.A.
MAI, Moscow, Russia

The prospects for the development of new and highly efficient hybrid electric aircraft (HEA) concepts with hybrid electric propulsion (HEP) for regional and long routes airlines are directly related to the use of more profitable cryogenic cooling systems for onboard electrical components and the placement of volumetric tanks of liquid hydrogen (LH2) for Cryoplane project by Germany, Tupolev TU-136 and Wing-Bodyplane project by AIRBUS and MAI Aircraft Design Lab and additional integrated cover upper surface with nano film solar systems for various aircraft such as Swiss SOLARSTRATOS

For many years, complex scientific research and development in various topical areas have been carried out directly in the MAI laboratories and in the Thermoplane MAI Design Bureau in order to implement mathematical modeling complexes and flight test demonstrator hybrid electric airships Thermoplane MAI (40 meters in diameter) using internal volumes for helium and hydrogen with inhibitory 'unflammable' additives that exclude possible explosive risks for various processes of choosing cooling & thermal management systems, taking into account layout, placement and integration design

The most advantageous is the use of liquid nitrogen (LN) cooling systems and calculations for liquid hydrogen (LH2) or helium (LHe) and the creation of test demo stands complex for optimizing their operating modes, profitable introduction of electric units based on the use of the effect of high-temperature superconductivity (HTS), which confirmed the importance in the development of the international project FUTPRINT50 in EC and cooperation with CIAM. TsAGI, GosNIIAS and NIC name N. Zhukovsky on the creation of future hybrid electric passenger regional aircraft.

Разработка методики и программы расчёта частотных характеристик акустического зонда волноводного типа

Радин Д.В., Макарьянц Г.М., Матвеев С.С.
Самарский университет, г. Самара, Россия

На данный момент времени динамические процессы, происходящие в камерах сгорания, исследуются преимущественно экспериментально. Однако, экспериментальное определение пульсационного состояния камеры сгорания затруднено высокими значениями температуры и давления рабочей среды. Размещение высокотемпературных датчиков непосредственно в высокотемпературной области требует организации жидкостного охлаждения, а зачастую и вовсе невозможно вследствие конструкции камеры сгорания. В таком случае измерение пульсационного состояния возможно провести только с использованием специального устройства – акустического зонда волноводного типа, реализующего концепцию выноса акустического сигнала из высокотемпературной области. Основными элементами акустического зонда являются волновод, адаптер для установки датчика и корректирующий элемент. Волновод представляет собой канал, предназначенный для выноса акустического сигнала из высокотемпературной области. Далее располагается адаптер, в котором установлен низкотемпературный датчик динамического давления. К адаптеру подсоединён корректирующий элемент, предназначенный для выравнивания амплитудно-частотной

характеристики. В данной работе рассматривается акустический зонд с корректирующим элементом в виде согласующего трубопровода.

Использование данного подхода позволяет значительно сократить габаритные размеры измерительной системы в области крепления к жаровой трубе, а также значительно снизить её стоимость за счёт регистрации пульсаций давления с помощью низкотемпературного датчика, стоимость которого на порядок ниже стоимости высокотемпературных датчиков. Однако, значения динамического давления, измеренный с помощью акустического зонда, будут отличаться от истинных значений динамического давления в камере сгорания. Соотношение этих двух сигналов будет определяться акустическими характеристиками зонда, которые зависят не только от его геометрической конфигурации, но и от режимных параметров и конструкции двигателя.

Режимные параметры и конструкция двигателя определяют состав рабочей среды, среднее давление, а также профиль температур по длине зонда, который определяется либо экспериментально, либо с помощью CFD моделирования. Для учёта влияния изменения температуры по длине зонда на его акустические характеристики расчётная область проточной части зонда разбивается на участки, в пределах каждого из которых температура рабочей среды может считаться постоянной. Каждый отдельный участок представляется в форме пассивного четырёхполюсника, динамические характеристики которого определяются в соответствии с импортированной ранее температурой. Далее определяются входные импедансы во всех сечениях и амплитудная характеристика измерительной системы на данной частоте. Далее расчёт повторяется для всего заданного диапазона частот.

Сравнение рассчитанной с помощью программы и экспериментальной амплитудно-частотной характеристики модельного зонда показывает их хорошую сходимость. Таким образом, в результате работы была разработана программа, позволяющая с высокой точностью определять динамические характеристики акустического зонда волноводного типа при сложном профиле температуры по его длине.

Development of methodology and program for calculating frequency characteristics of waveguide-type acoustic probe

Radin D.V., Makaryants G.M., Matveev S.S.
Samara University, Samara, Russia

At this point in time, the dynamic processes occurring in the combustion chambers are studied mainly experimentally. However, the experimental determination of the pulsation state of the combustion chamber is complicated by the high values of temperature and pressure of the working fluid. Placing high-temperature sensors directly in a high-temperature area requires liquid cooling and is often completely impossible due to the design of the combustion chamber. In this case, the measurement of the pulsation state can only be carried out using a special device - a waveguide-type acoustic probe, which implements the concept of carrying an acoustic signal out from a high-temperature region. The main elements of an acoustic probe are a waveguide, an adapter for installing the sensor and a correcting element. A waveguide is a channel designed to carry an acoustic signal out of a high-temperature region. Next, an adapter is located in which a low-temperature dynamic pressure sensor is installed. A correcting element is connected to the adapter, designed to equalize the amplitude-frequency response characteristic. In this paper, an acoustic probe with a correcting element in the form of a long pipeline is considered.

The use of this approach makes it possible to significantly reduce the overall dimensions of the measuring system in the area of attachment to the combustion liner, as well as significantly reduce its cost by registering pressure pulsations using a low-temperature sensor, the cost of which is substantially lower than the cost of high-temperature sensors. However, the dynamic pressure values measured with the acoustic probe will differ from the true dynamic pressure values in the combustor. The ratio of these two signals will be determined by the probe acoustic characteristics, which depend not only on its geometric configuration, but also on the operating parameters and engine design.

Operating parameters and design of the engine determine the composition of the working fluid, the average pressure, as well as the temperature profile along the probe length determined either

experimentally or using CFD-simulation. To take into account the effect of temperature changes along the probe length on its acoustic characteristics, the calculated area of the probe flow passage is divided into sections, within each of which the working fluid temperature can be considered constant. Each individual section is presented in the form of a passive four-pole network, the dynamic characteristics of which are determined in accordance with the previously imported temperature. Next, the input impedances in all sections and the amplitude characteristic of the measuring system at a certain frequency are determined. Further, the calculation is repeated for the entire specified frequency range.

Comparison of the characteristics calculated in software and the experimental amplitude-frequency response characteristics of the model probe shows good convergence. Thus, as a result of the work, a software that allows the highly-precise determination of the waveguide-type acoustic probe dynamic characteristics with a complex temperature profile along its length was developed.

Приближенно-аналитическая модель сверхзвукового течения с маховским отражением при наличии импульсного энергоподвода

Савелова К.Э., Чернышов М.В.
БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

В связи с прогрессом в создании реактивных (в том числе детонационных) двигателей, разработкой новых летательных аппаратов для движения с высокой сверхзвуковой скоростью, возникает всплеск интереса к анализу и оптимизации ударно-волновых структур, реализующихся при маховском отражении и нерегулярном взаимодействии скачков уплотнения и других газодинамических разрывов в соплах, струях, воздухозаборниках реактивных двигателей. Ярким примером ударно-волновых структур являются тройные конфигурации, образующиеся при маховском отражении скачков уплотнения, а также в других случаях. Устойчивое маховское отражение, возникающее в сверхзвуковых воздухозаборниках и струйных течениях, приводит к образованию сложной ударно-волновой структуры. Тангенциальный разрыв, образующийся за тройной точкой, разделяет поток на две области с очень разными значениями давления торможения, скорости, скоростного напора потока, температуры, плотности газа, акустического импеданса и многих других параметров, имеющих большое инженерное значение [1]. Такие параметры, как давления торможения, скоростные напоры и статические температуры газа, на сторонах тангенциального разрыва могут различаться в несколько, а иногда и в десятки раз [1, 2]. Размер главного скачка («скачка Маха», «маховского диска») традиционно считается ключевым параметром, который позволяет оценить объемы обеих областей с существенно разными значениями параметров течения, сравнить их влияние, проанализировать ударно-волновую структуру и особенности течения за точкой маховского отражения («тройной точкой») в целом. Однако оценка этого важного параметра структуры потока должна быть очень точной, потому что широко распространенные комплексы прикладных программ (CFD) выдают разные, даже противоречивые, результаты. Это касается как коммерчески распространяемых, так и самостоятельно разработанных кодов, поскольку их решения чувствительны к начальным и граничным условиям, типу решателя, принятой модели турбулентности и другим особенностям реализации расчетов. По этой причине простые и удобные в использовании аналитические модели ударно-волновых структур необходимы для быстрой и надежной оценки и анализа характеристик течения в целом. В представленном докладе будут приведены аналитические модели для быстрой оценки параметров ударно-волновой структуры течений с маховским отражением [3], в том числе учитывающие возможность импульсного энергоподвода за главным скачком (например, детонационных эффектов, инициированных повышенной температурой).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (НИР «Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и

беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», FZWF-2020-0015).

1. Uskov V.N., Chernyshov M.V. Special and extreme triple shock-wave configurations // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2006. Vol. 47. Issue 4. Pp. 492-504.

2. Chernyshov M.V. Extreme Triple Configurations with Negative Slope Angle of the Reflected Shock // Russian Aeronautics. 2019. Vol. 62. Issue 2. Pp. 259-266.

3. Chernyshov M.V., Savelova K.E., Kapralova A.S. Approximate Analytical Models of Shock-Wave Structure at Steady Mach Reflection // Fluids. 2021. Vol. 6. Issue 9. Paper No. 305. 18 p.

An approximate analytical model of a supersonic flow with Mach reflection in the presence of a pulsed energy supply

Savelova K.E., Chernyshov M.V.

BSTU “VOENMEH”, Saint-Peterburg, Russia

In connection with the progress in the creation of jet (including detonation) engines, the development of new aircraft for movement at high supersonic speeds, there is a surge of interest in the analysis and optimization of shock-wave structures that are realized with Mach reflection and irregular interaction of shock waves and other gas-dynamic ruptures in nozzles, jets, air intakes of jet engines. A striking example of shock-wave structures are triple configurations formed during the Mach reflection of shock waves, as well as in many other cases.

Steady Mach reflection, which occurs in supersonic air intakes and jet streams, leads to the formation of a complex shock-wave structure. The tangential gap, which forms behind the triple point, divides the flow into two regions with very different values of stagnation pressure, velocity, flow head, temperature, gas density, acoustic impedance and many other parameters of great engineering importance [1].

Parameters such as stagnation pressures, velocity heads and static gas temperatures on the sides of the tangential discontinuity can differ several times, and sometimes tens of times [1, 2]. The size of the main shock (“Mach jump”, “Mach disk”) is traditionally considered a key parameter that allows one to estimate the volumes of both regions with significantly different values of the flow parameters, compare their influence, analyze the shock-wave structure and flow features behind the Mach reflection point (“ triple point ") as a whole. However, the estimation of this important parameter of the flow structure must be very accurate, because widespread application complexes (CFDs) produce different, even contradictory, results. This applies to both commercially distributed and independently developed hydrocodes, since their solutions are sensitive to the initial and boundary conditions, the type of solver, the adopted turbulence model, and other features of the calculation implementation.

For this reason, simple and easy-to-use analytical models of shock-wave structures are necessary for fast and reliable assessment and analysis of flow characteristics in general. In this report, analytical models will be presented for a quick assessment of the parameters of the shock-wave structure of flows with Mach reflection [3], including taking into account the possibility of pulsed energy supply behind the main shock (for example, detonation effects initiated by an increased temperature value).

This study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation during implementation of the project “Creating a leading scientific and technical reserve in the development of advanced technologies for small gas turbine, rocket and combined engines of ultra-light launch vehicles, small spacecraft and unmanned aerial vehicles that provide priority positions for Russian companies in emerging global markets of the future”, No. FZWF-2020-0015.

1. Uskov V.N., Chernyshov M.V. Special and extreme triple shock-wave configurations // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2006. Vol. 47. Issue 4. Pp. 492-504.

2. Chernyshov M.V. Extreme Triple Configurations with Negative Slope Angle of the Reflected Shock // Russian Aeronautics. 2019. Vol. 62. Issue 2. Pp. 259-266.

3. Chernyshov M.V., Savelova K.E., Kapralova A.S. Approximate Analytical Models of Shock-Wave Structure at Steady Mach Reflection // Fluids. 2021. Vol. 6. Issue 9. Paper No. 305.18 p.

Двигательная установка первой ступени ракеты-носителя

[1]Семенов В.В., [2]Иванов И.Э., [3]Крюков И.А.
[1]МАИ, [2]МГУ, [3]ИПМ РАН, г. Москва, Россия

Современные двигательные установки часто имеют многокамерную схему. Это направление в развитии ЖРД имеет определенные преимущества: используются надежные и проверенные узлы и агрегаты двигателя; сокращаются габариты двигательной установки.

Одним из направлений совершенствования двигательной установки большой тяги является разработка новых вариантов конструкций сопловых блоков, состоящих из круглых сопел, выходные сечения которых объединены общим высотным насадком. Характерной особенностью таких сопловых блоков является возможность использования линейных связок обычных круглых сопел. Универсальность конструкций таких сопловых блоков заключается в том, что подбором необходимого количества круглых земных сопел, расположенных в ряд или по окружности, можно обеспечить требуемый уровень тяги двигательной установки.

Множество вариантов взаимного расположения модулей (круглых сопел), возможность совместного использования двигателей, работающих с различными компонентами топлива, дают основание сделать вывод о перспективности разработки таких сопловых блоков.

Однако предлагаемые в настоящее время сопловые блоки обладают тем недостатком, что из-за установки на них круглых сверхзвуковых сопел они имеют большие потери тяги, связанные с тем, что сверхзвуковые струи никогда между собой, не смешиваются.

Доклад посвящен изучению течения газового потока в трактах кольцевого сопла, у которого на торце торовой его камеры по всему периметру установлены камеры сгорания ЖРД со звуковым соплом. В этом случае продукты сгорания компонент топлива из звуковых сопел камер сгорания втекают со звуковой скоростью в торовую камеру − коллектор. Так как скорости струй газа, истекающих из круглых сопел, − звуковые, в торовой камере − коллекторе легко происходит их перемешивание. Затем струя газа из торовой камеры истекает единым сплошным потоком через узкую кольцевую щель. На криволинейном контуре круглого центрального тела происходит свободное расширение и ускорение сверхзвуковой струи, а на кромке узкой кольцевой щели происходит разворот потока (возникает течение Прандтля − Майера) до тех пор, пока давление газа на внешней границе свободной струи не сравняется с атмосферным, в результате чего происходит автоматическое регулирование высотности, то есть на любой высоте полета ракеты такое сопло всегда работает на расчетном режиме, создавая максимальную тягу двигателя.

Будут представлены результаты численных методов расчета 2-хмерного вязкого течения газового потока в трактах комбинированного кольцевого сопла. Для моделирования вязких турбулентных течений численно решается система уравнений Навье-Стокса с использованием к–ε модели турбулентности с пристеночными функциями. Для моделирования в областях сложной геометрической формы используется регуляторы, криволинейные блочные, составные расчетные сетки с четырехугольными сетками.

Propulsion system of the 1st stage of the launch vehicle

[1]Semenov V.V., [2]Ivanov I.E., [3]Kryukov I.A.
[1]MAI, [2]MSU, [3]IPM RAS, Moscow, Russia

Modern propulsion systems often have a multi-chamber design. This direction in the development of liquid-propellant rocket engines has certain advantages: reliable and proven engine components and assemblies are used; the dimensions of the propulsion system are reduced.

One of the directions for improving the high-thrust propulsion system is the development of new design options for nozzle blocks consisting of circular nozzles, the outlet sections of which are united by a common high-altitude nozzle. A characteristic feature of such nozzle blocks is the ability to use linear bundles of conventional circular nozzles. The versatility of the designs of such nozzle blocks lies in the fact that by selecting the required number of round earth nozzles arranged in a row or around a circle, it is possible to provide the required thrust level of the propulsion system.

The many options for the mutual arrangement of modules (round nozzles), the possibility of joint use of engines operating with different fuel components, give grounds to conclude that the development of such nozzle assemblies is promising.

However, the currently proposed nozzle blocks have the disadvantage that, due to the installation of round supersonic nozzles on them, they have large thrust losses associated with the fact that the supersonic jets never mix with each other.

The report is devoted to the study of the flow of a gas flow in the tracts of an annular nozzle, in which combustion chambers of a liquid-propellant engine with a sonic nozzle are installed at the end of its toric chamber along the entire perimeter. In this case, the combustion products of the fuel components from the sonic nozzles of the combustion chambers flow at a sonic speed into the torus chamber – the collector. Since the velocities of the gas jets emanating from the round nozzles are sound, they are easily mixed in the torus chamber – the collector. Then the gas jet from the torus chamber flows out in a single continuous flow through a narrow annular slot. The free expansion and acceleration of the supersonic jet occurs on the curvilinear contour of the circular central body, and at the edge of the narrow annular slot, the flow turns (the Prandtl - Mayer flow arises) until the gas pressure at the outer boundary of the free jet equals the atmospheric pressure, as a result of which the altitude is automatically controlled, that is, at any altitude of the rocket flight, such a nozzle always works at the design mode, creating the maximum thrust of the engine.

The results of numerical methods for calculating a 3-dimensional viscous gas flow in the ducts of a combined an annular nozzle will be presented. To simulate viscous turbulent flows, the system of Navier-Stokes equations is numerically solved using the k – ε turbulence model with wall functions. For modeling in areas of complex geometric shapes, regulators, curvilinear block, composite computational grids with quadrangular grids are used.

Исследование теплового состояния элемента стенки жаровой трубы наземной ГТУ

[1]Старостин Д.А., [2]Чечет И.В., [2]Анисимов В.М.

[1]ПАО «ОДК «Кузнецов», [2]Самарский университет, г. Самара, Россия

В настоящее время важным требованием к современным ГТД и их камерам сгорания является требование обеспечения высокого заданного ресурса. Во время физико-химических процессов в жаровой трубе достигаются температуры продуктов сгорания 2000-2200°С, а для нормальной работоспособности и долговременной надежности температура стенок жаровых труб не должна превышать величины 900-950°С. С этой точки зрения важно отсутствие прогара жаровых труб и, следовательно, использование систем охлаждения. Эти условия выполняются за счет охлаждения вторичным воздухом. На современных ГТД используется комбинированное конвективно-пленочное воздушное охлаждение, при этом часть воздуха выполняет свои функции в виде конвективного охлаждения.

В данной работе выполнялась расчётная отработка перспективной унифицированной камеры сгорания наземной ГТУ посредством математического CFD-моделирования. По результатам исследования рабочего процесса на базовом варианте камеры сгорания были выявлены места с повышенной температурой, которая в ходе проведенной работы была снижена за счёт использования ряда мероприятий до требуемого уровня.

В данной работе была создана 3D-модель расчетной области малоэмиссионной камеры сгорания газотурбинной наземной установки. Смоделированы сеточные модели каждого этапа доводочных мероприятий с последующей адаптацией по рассчитанному градиенту полной температуры. На основании результатов первичных расчетов выбрана модель турбулентности, соответствующая закладываемой точности при обработке результатов. На каждом этапе доводочных мероприятий производилась интерполяция результатов рассчитанной исходной модели КС в целях экономии временных ресурсов.

По результатам работы в ходе сопоставления обработанных данных по расчету исходной модели и доведенной предложены рекомендации по доработке конструктивных элементов малоэмиссионной камеры сгорания ГТУ.

Investigation of the thermal state of the flame tube wall element of a ground-based gas turbine unit

[1]Starostin D.A., [2]Chechet I.V., [2]Anisimov V.M.
[1]JSC Kuznetsov, [2]Samara University, Samara, Russia

Currently, an important requirement for modern gas turbine engines and their combustion chambers is the requirement to ensure a high specified resource. During physical and chemical processes in the flame tube, combustion products temperatures of 2000-2200°C are reached, and for normal operability and long-term reliability, the temperature of the walls of the flame tubes should not exceed 900-950°C. From this point of view, the absence of burnout of the flame tubes and, consequently, the use of cooling systems is important. These conditions are met by cooling with secondary air. Combined convective-film air cooling is used on modern gas turbine engines, while part of the air performs its functions in the form of convective cooling.

In this work, the computational development of a promising unified combustion chamber of a ground-based gas turbine was carried out by means of mathematical CFD modeling. According to the results of the study of the working process on the basic version of the combustion chamber, places with an elevated temperature were identified, which in the course of the work was reduced through the use of a number of measures to the required level.

In this work, a 3D model of the computational domain of a low-emission combustion chamber of a ground-based gas turbine unit was created. Mesh models of each stage of fine-tuning activities were modeled with subsequent adaptation according to the calculated gradient of the total temperature. Based on the results of the primary calculations, a turbulence model was selected that corresponds to the specified accuracy when processing the results. At each stage of the fine-tuning measures, the results of the calculated initial CS model were interpolated in order to save time resources.

Based on the results of the work, in the course of comparing the processed data on the calculation of the initial model and the finalized one, recommendations were proposed for the refinement of the structural elements of the low-emission combustion chamber of the GTU.

Применение методов спектрального анализа для определения деформаций трубопроводов подачи охлаждения ЖРД

Сулейманов И.М., Мартиросов Д.С., Пастухов В.И.
АО «НПО Энергомаш», г. Химки, Россия

Произведено 3D-моделирование НДС трубопроводов малого диаметра магистрали под воздействием вибрации. Полученные в результате огневых испытаний ЖРД экспериментальные данные исследованы статистическими методами спектрального анализа. Обнаружены зависимости взаимных спектральных плотностей тензограмм деформаций тонких трубопроводов, имеющих геометрическое и физическое подобие. В работе предложен расчетно-экспериментальный метод прогнозирования состояния трубопровода при многократном использовании двигателя в наземных огневых испытаниях или в составе возвращаемых элементов ракетно-космической системы.

Основным средством диагностирования НДС элементов ЖРД являются тензометры. В процессе проведения огневого испытания измеряются относительные перемещения (сжатия-растяжения) критических мест труб: динамическое тензометрирование. В добавление к этому предварительно проводится статическое тензометрирование на этапе монтажа указанных магистралей для фиксирования монтажных остаточных напряжений на неработающем двигателе. В совокупности с данными динамического тензометрирования также используются данные сигналов акселерометров.

Произведена обработка данных в пакете WinПос в части фазо-частотных и амплитудо-частотных характеристик. Представляет интерес сопоставление взаимных спектральных плотностей геометрически идентичных трубопроводов. Вид фазо-частотных компонент взаимных спектральных плотностей весьма слабо зависит от профиля работы, длительности, особенностей настроек регулирования двигателя. Прежде всего вид спектра определяет пространственная геометрия трубы, материал, расположение мест установки датчиков (зеркально или диаметрально симметричное), остаточные монтажные напряжения.

Нарушение целостности трубы или датчика моментально проявляет себя в видоизменении взаимных спектральных плотностей для текущего момента времени. Это позволяет использовать его как диагностический признак целостности трубы (и датчика) и текущего состояния магистрали.

Application of spectral analysis methods to determine deformations of liquid-propellant engine cooling supply pipelines

Suleymanov I.M., Martirosov D.S., Pastukhov V.I.
JSC "NPO Energomash", Khimki, Russia

3D-modeling of stress-strain state of small-diameter pipelines under the influence of vibration was carried out. The experimental data obtained as a result of firing tests of liquid-propellant rocket engines were investigated by statistical methods of spectral analysis. Dependences of the cross-spectrum of strain gauges of thin pipelines, which have a geometric and physical similarity, are found. The paper proposes a computational and experimental method for predicting the state of the pipeline with repeated use of the engine in ground fire tests or as part of the returned elements of the rocket and space system. The main means of diagnosing the stress-strain state of liquid-propellant engine elements are tensometers. During the fire test, the relative displacements (compression-tension) of the critical points of the pipes are measured. It is determined as dynamic strain gauging. In addition to this, static strain gauging is preliminarily carried out at the stage of installation of these lines to fix the installation residual stresses on an inoperative engine. Accelerometer signal data are also used in conjunction with dynamic strain measurement data. The data processing in the WinPos package has been carried out in terms of phase-frequency and amplitude-frequency characteristics. It is of interest to compare the cross-spectrum of geometrically identical pipelines. The form of the phase-frequency components of the cross-spectrum depends very little on the operation profile, duration, and features of the motor control settings. First of all, the form of the cross-spectrum is determined by the spatial geometry of the pipe, the material, the location of the sensor installation sites (mirror-like or diametrically symmetric), and residual mounting stresses. Violation of the integrity of a pipe or sensor instantly manifests itself in a modification of the cross-spectrum for the current moment in time. This allows it to be used as a diagnostic sign of the integrity of the pipe (and sensor) and the current state of the line.

Гибридная силовая установка для легкомоторного летательного аппарата

Сычёв А.В., Балясный К.В., Борисов Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время одним из перспективных направлений в авиационных двигателях являются гибридные силовые установки (ГСУ). Такие установки могут применятся, как для больших летательных аппаратов весом в несколько десятков тонн, так и для авиации общего назначения и дронов.

Применение гибридных систем позволяет увеличить время полёта, дальность полёта, эффективно использовать заряд электрических батарей и расход химического топлива, уменьшить стоимость при сохранении оптимальных удельных характеристик силовой установки и летательного аппарата. Использование в составе ГСУ поршневого двигателя и электрического двигателя может привести и к созданию новых, более эффективных схем и компоновок летательных аппаратов.

Проводимая работа имеет как теоретическую часть, так и практическую на испытательных стендах. Важное значение для изучения таких ГСУ является создание комплекса испытательных стендов для изучения характеристик, отработки конструкции, проверки общей работоспособности ГСУ и её систем. Особенность разрабатываемой гибридной системы заключается в непосредственном приводе поршневого двигателя и электродвигателя на воздушный винт. Взлётный режим включает себя совместную работу электродвигателя и поршневого двигателя. Далее в крейсерский режим полёта обеспечивается поршневым двигателем, а электродвигатель переходит в режим генератора и заряжает небольшой буферный аккумулятор. В случае необходимости повышения мощности электродвигатель

может подключаться и увеличивать мощность силовой установки. Также при отказе поршневого двигателя электродвигатель сможет обеспечить кратковременную работу силовой установки для возможности безаварийной посадки с подбором посадочной площадки. Особое внимание при исследовании данного типа ГСУ имеет значение синхронизация совместной работы двух двигателей разного типа поршневого двигателя и электрического. Для проверки этих режимов работы и предназначены наземные испытательные стенды, описываемые в работе.

Результатом проводимой работы будет получение практического опыта в разработке ГСУ и исследовательской работы на стендах, разработка методики проектирования ГСУ данного типа.

Hybrid power plant for light-engine aircraft

Sychev A.V., Balysny K.V., Borisov D.A.
MAI, Moscow, Russia

Currently, one of the promising areas in aircraft engines is hybrid power plants (HPP). Such installations can be used both for large aircraft weighing several tens of tons, and for general aviation and drones.

The use of hybrid systems allows you to increase the flight time, flight range, effectively use the charge of electric batteries and chemical fuel consumption, and reduce the cost while maintaining optimal specific characteristics of the power plant and aircraft. The use of a piston engine and an electric motor as part of the HPP can also lead to the creation of new, more efficient schemes and layouts of aircraft.

The work carried out has both a theoretical part and a practical one on test benches. Important for the study of such HPP is the creation of a complex of test benches for studying the characteristics, testing the design, checking the overall performance of the HPP and its systems. The peculiarity of the hybrid system being developed is the direct drive of the piston engine and electric motor to the propeller. The take-off mode includes the joint operation of an electric motor and a piston engine. Further, a piston engine provides the cruise flight mode, and the electric motor switches to generator mode and charges a small buffer battery. If it is necessary to increase the power, the electric motor can be connected and increase the power of the power plant. In addition, if the piston engine fails, the electric motor will be able to provide short-term operation of the power plant for the possibility of an accident-free landing with the selection of a landing pad. Particular attention is paid to the study of this type of HPP, the synchronization of the joint operation of two engines of different types of piston engine and electric. The ground test benches described in the work are designed to test these operating modes.

The result of the work carried out will be the acquisition of practical experience in the development of HPP and research work on the stands, the development of a methodology for designing HPP of this type.

Аналитический обзор методов и проблем организации малоэмиссионного горения и проведения расчётных исследований в камерах сгорания гражданских ГТД

Тарасенко А.Н., Силуянова М.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Основной целью данной работы является получение обобщенных данных, выделение наиболее существенных проблем, выработка рекомендаций и оценка эффективности актуальных методов организации малоэмиссионного горения и проведения расчётных исследований камер сгорания гражданских газотурбинных двигателей и установок. Исследования в области малоэмиссионного горения представляют особый интерес на данный момент ввиду ужесточения требований и норм Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и местных экологических законодательств различных государств по допустимым уровням эмиссии вредных веществ, уровням шума и т.д. [1]. Для снижения концентрации вредных веществ в продуктах сгорания при разработке малоэмиссионных камер сгорания современных ГТД и ГТУ активно внедряются принципы организации

рабочего процесса, основанные на стадийном сжигании предварительно подготовленных «бедных» топливно-воздушных смесей [2].

Проведен анализ баз данных ИКАО [3] для конкретных моделей двигателей и использованных в них схем организации малоэмиссионого горения и обзорных работ различных авторов [4][5][6] с целью выявления общих трендов развития камер сгорания в последние годы, оценки эффективности применяемых методов для снижения эмиссии вредных веществ и оценки их влияния на летно-технические и экономические характеристики двигателей. Отдельно рассмотрены работы [7][8] о влиянии распыла и, в частности, качества аэрозоля на формирование наиболее существенных загрязнителей. Оценена эффективность различных методов снижения эмиссии в отношении каждого компонента смеси продуктов сгорания. Проанализированы современные подходы к прогнозированию и моделированию эмиссии вредных веществ, использующиеся при создании малоэмиссионных камер сгорания [9].

Исходя из полученных данных, сформулированы наиболее существенные проблемы в данной области, теоретические и практические направления их решения и даны общие оценки текущего состояния вопроса.

1. Annex 16 to The Convention of International Civil Aviation – Environmental Protection, Volume II – Aircraft Engine Emissions, 2017

2. Марчуков Е.Ю., Федоров С.А. Новая концепция низкоэмиссионной камеры сгорания стационарных ГТУ, разрабатываемых на базе авиационных ГТД / Процессы горения, теплообмена и экология тепловых двигателей. – Самара: СГАУ, 2000. - с. 143-152.

3. ICAO Engine exhaust emissions data bank, 2020.

4. Liu Y., et al. Review of modern low emissions combustion technologies for aero gas turbine engines. Progress in Aerospace Sciences, 2017, 94, pp. 12-45.

5. Guellouh N., Szamosi Z., Simenfalvi Z. Combustors with Low Emission Levels for Aero Gas Turbine Engines. International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS), 2019, 4(1), pp. 503-514.

6. Srivastava R. Neuffer W., Grano D., Khan S., Staudt J., Jozewicz W. Controlling NOx Emission from Industrial Sources. Environmental Progress, 2005, 24(2), pp. 181-197.

7. Lefebvre A. H. The Role of Fuel Preparation in Low-Emission Combustion. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1995, 117(4), pp. 617-654.

8. Medhat Ahmed Nemitallah, Sherif S. Rashwan, Ibrahimm B. Mansir, Ahmed A. Abdelhafez, and Mohamed A. M. Habib. Review of novel combustion techniques for clean power production in gas turbines. Energy Fuels, 2018, 32(2), pp. 979-1004.

9. Chanphavong L., Zainal Z.A. Characterization and challenge of development of producer gas fuel combustor: A review. Journal of the Energy Institute, 2018, pp. 1-14.

Methods and problems of the low-emission combustion organization and computational research of civil gas turbine engines combustion chambers – an analytical review

Tarasenko A.N., Siluyanova M.V.

MAI, Moscow, Russia

The purpose of this work is to obtain generalized data, highlight the most significant problems, develop recommendations and evaluate the effectiveness of current methods for organizing low-emission combustion and carrying out computational studies of civil gas turbine engines combustion chambers. Research in the field of low-emission combustion is of particular interest at the moment due to the tightening of the International Civil Aviation Organization (ICAO) requirements and local environmental legislation of various states on permissible emission levels of harmful substances, noise levels, etc. [1]. To reduce the harmful substances emission, when developing low-emission combustion, the principles of organizing the working process based on the staged combustion of previously prepared "lean" fuel-air mixtures are being actively introduced [2].

The analysis of the ICAO databases [3] for specific engine models and the schemes of low-emission combustion and the review works of various authors [4][5][6] was carried out in order to identify general trends in the combustion chambers development in recent years, assess the

effectiveness of the methods used to reduce the emission of harmful substances and assess their impact on the flight performance and economic characteristics of engines. Separately considered are works [7][8] on the effect of spray and, in particular, the quality of aerosol on the formation of the most significant pollutants. Evaluated the effectiveness of various methods for reducing emissions in relation to each component of the mixture. Analyzed modern approaches to predicting and modeling the emission of harmful substances used in the creation of low-emission combustion chambers [9].

Based on the data obtained, the most significant problems in this area, theoretical and practical directions for their solution are formulated, and general assessments of the current state of the issue are given.

1. Annex 16 to The Convention of International Civil Aviation - Environmental Protection, Volume II - Aircraft Engine Emissions, 2017

2. Marchukov E.Yu., Fedorov S.A. A new concept of a low-emission combustion chamber for stationary gas turbines developed on the basis of aircraft gas turbine engines / Combustion processes, heat transfer and ecology of heat engines. - Samara: SSAU, 2000. - p. 143-152.

3. ICAO Engine exhaust emissions data bank, 2020.

4. Liu Y., et al. Review of modern low emissions combustion technologies for aero gas turbine engines. Progress in Aerospace Sciences, 2017, 94, pp. 12-45.

5. Guellouh N., Szamosi Z., Simenfalvi Z. Combustors with Low Emission Levels for Aero Gas Turbine Engines. International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS), 2019, 4 (1), pp. 503-514.

6. Srivastava R. Neuffer W., Grano D., Khan S., Staudt J., Jozewicz W. Controlling NOx Emission from Industrial Sources. Environmental Progress, 2005, 24 (2), pp. 181-197.

7. Lefebvre A. H. The Role of Fuel Preparation in Low-Emission Combustion. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1995, 117 (4), pp. 617-654.

8. Medhat Ahmed Nemitallah, Sherif S. Rashwan, Ibrahimm B. Mansir, Ahmed A. Abdelhafez, and Mohamed A. M. Habib. Review of novel combustion techniques for clean power production in gas turbines. Energy Fuels, 2018, 32 (2), pp. 979-1004.

9. Chanphavong L., Zainal Z.A. Characterization and challenge of development of producer gas fuel combustor: A review. Journal of the Energy Institute, 2018, pp. 1-14.

Моделирование шума пропеллера квадрокоптера с использованием акустико-вихревого CFD-CAA метода и потенциала течения от пары вращающихся вихрей

[1]Тимушев С.Ф., [2]Олару Адриан, [1]Воробьева С.С.

[1]МАИ, г. Москва, Россия;

[2]Политехнический университет Бухареста, г. Бухарест, Румыния

Ключевым вопросом в исследованиях вычислительной аэроакустики является адекватное определение источника. Также следует отметить, что уравнение Лайтхилла получено в предположении малых колебаний турбулентного потока сжимаемой среды, тогда как в лопаточных машинах пульсации давления и генерация излучаемого звука происходят в широком диапазоне волновых чисел при крупномасштабных вихревых возмущениях, которые каскадно распадаются на мелкомасштабную турбулентность [1], при этом возникает генерация акустических волн. Разработанный метод основан на разложении вектора скорости на вихревую и акустическую моду. Это приводит к волновому акустическому уравнению относительно колебаний энтальпии и граничным условиям с использованием комплексных акустических импедансов. Акустическая модель, описывающая изэнтропическое невязкое течение, построена на основе декомпозиции, предложенной С. Кроу [2] и К. Артамоновым. [3]. Мы представляем скорость сжимаемой среды как сумму скорости основного потока и скорости акустического движения, которое приводит к волновому уравнению относительно колебаний энтальпии. Граничные условия импедансного типа записываются в терминах возмущений параметров потока относительно их среднего значения. Задано неотражающее условие на внешней границе расчетной области. Получено численное решение для акустического поля винта квадрокоптера диаметром 70 мм при скорости вращения 12 000 об / мин. на режиме висения. Показано, что структура источника звука ЧСЛ представляет собой

две соосные вихревые зоны. Поле акустического давления в плоскости вращения винта выявляет квази-спиралевидную структуру источника квадрупольного типа. Амплитуда звука снижается примерно в 100 раз на расстоянии 10-20 диаметров винта, далее идет снижение в 10 раз при увеличении расстояния в 7 раз (до границы области 5 м). В этой задаче представляется полезным связать источник вихревого звука с эквивалентными концентрированными вихрями и последующим анализом их кинематики и пространственной структуры [4,5]. Показана возможность оценки амплитуды пульсаций давления путем использования аналитического решения для поля пульсаций давления от пары вращающихся вихрей.

Литература:

1. Crow S.C. Aerodynamic Sound Emission as a Singular Perturbation Problem.- Studies in Applied Mathematics, 1970, vol. XLIX, No.1, P. 41-46.

2. Артамонов К.И. Термогидроакустичекая устойчивость. М.: Машиностроение, 1982.

3. Колмогоров А.Н. Уравнения турбулентного движения несжимаемой жидкости. Изв. АН СССР, сер. физ.,6, №1-2,56-58, 192.

4. Müller E, Obermeier F. The spinning vortices as a source of sound. AGARD CP-22; 1967.

5. Stefan Schoder, Klaus Roppert, Michael Weitz, Clemens Junger, Manfred Kaltenbacher, Aeroacoustic source term computation based on radial basis functions DOI: 10.1002/nme.6298

Quadcopter propeller noise modeling using CFD-CAA acoustic-vortex method and rotating vortex pair flow potential

[1]Timushev S.F., [2]Olaru Adrian, [1]Vorobieva S.S.

[1]MAI, Moscow, Russia;

[2]Politehnica University of Bucharest, Bucharest, Romania

The key issue in computational aeroacoustics studies is an adequate source definition. It should also be noted that the Lighthill equation obtained under the assumption of small oscillations in the turbulent flow of a compressible medium, while in the bladed machines pressure pulsations and the generation of emitted sound occur in a wide range of wave numbers when large-scale vortex disturbances decay in a cascade process into a small-scale turbulence [1], and the generation of acoustic waves occurs in this process. The acoustic model describing the isentropic inviscid flow is constructed based on the decomposition proposed by Crow S. [2] and K. Artamonov. [3]. We represent the velocity of compressible medium as the sum of the velocity of the main flow and the velocity of acoustic motion that leads to the wave equation in relation to enthalpy oscillation. The boundary conditions of the impedance type are written in terms of perturbations of the flow parameters relative to their average value. There is non-reflecting condition on the outer boundary of the computational domain. A numerical solution is obtained for the acoustic field of a quadcopter propeller with a diameter of 70 mm at a rotation speed of 12,000 rpm, in hover mode. It is shown that the structure of the BF sound source is represented by two coaxial vortex zones. The acoustic pressure field in the plane of rotation of the propeller reveals the quasi-spiral structure of the quadrupole-type source. The sound amplitude decreases by about 100 times at 10-20 propeller diameters, then there is a decrease by 10 times with an increase in the distance by 7 times (to the border of the computational domain of 5 m). In this problem, it seems useful to connect the source of vortex sound with equivalent concentrated vortices and subsequent analysis of their kinematics and spatial structure [4, 5]. The possibility of evaluating the amplitude of pressure pulsations by using an analytical solution for the field of pressure pulsations from a pair of rotating vortices is shown.

References:

1. Crow S.C. Aerodynamic Sound Emission as a Singular Perturbation Problem.- Studies in Applied Mathematics, 1970, vol. XLIX, No.1, P. 41-46.

2. Артамонов К.И. Термогидроакустичекая устойчивость. М.: Машиностроение, 1982.

3. Колмогоров А.Н. Уравнения турбулентного движения несжимаемой жидкости. Изв. АН СССР, сер. физ.,6, №1-2,56-58, 192.

4. Müller E, Obermeier F. The spinning vortices as a source of sound. AGARD CP-22; 1967.

5. Stefan Schoder, Klaus Roppert, Michael Weitz, Clemens Junger, Manfred Kaltenbacher, Aeroacoustic source term computation based on radial basis functions DOI: 10.1002/nme.6298

Верификация численного моделирования сажеобразования в процессе горения углеводородов

Тюльков К.В.
МАИ, г. Москва, Россия

При современном уровне развития двигателестроения, авиации и освоения космического пространства предъявляются все более высокие требования автономности работы двигательных установок. Автономность подразумевает повышение надежности конструкции камер сгорания и системы подачи топлива. Образующиеся в двигателе твердые частицы углерода, сажи, оказывают существенное влияние на процессы, происходящие в камерах сгорания химических двигателей.

Оценка выбросов оксидов азота, серы и угарного газа и моих других продуктов сгорания успешно проводится с помощью химических моделей, моделей турбулентности и вычислительной гидрогазодинамики с инженерной точностью. На сегодняшний день нет единого мнению по вопросам формирования зародышей сажи, дальнейшим процессам слипания, коагуляции и образования крупных конгломераций сажи. Хотя следует отметить, что теоретические модели описывают процессы на определенных, ключевых этапах образования частиц. Например, присутствие в саже кристаллов различных фуллеренов и нанотрубок, выгорания крупных частиц сажи, процессы полимеризация с использованием молекул ацетилена, и подобные явления являются неоспоримыми фактами [1,2] и подтверждены экспериментально.

Сажеобразование вносит значительные изменения в процессы горения топлива в камерах сгорания тепловых двигателей. Частицы сажи на стенках камеры сгорания изменяют коэффициенты теплоотдачи, с другой стороны изменяют альбедо, увеличивая долю поглощённой лучистой энергии, пренебрежение этими эффектами приводит к ошибочной оценке теплового состояния стенки. Оседание частиц сажи в полостях и карманах форсунок, камер сгорания может привести к уменьшению их срока службы. Следует учитывать также эффект вторичного воспламенения, которое способно изменить поле температур в камере сгорания. Эти и другие процессы изучены в многочисленных экспериментальных исследованиях, опубликованных в литературных источниках [3-5].

Для расчетных оценок образования сажи требуются серьезная верификация. Верификация с принципиально отличающимися экспериментальными исследованиями позволит подтвердить работоспособность метода при различных физических условиях работы двигателя.

В работе производится сравнение расчетов выполненных на основе методов вычислительной гидродинамики с существующими экспериментальными исследованиями. дан краткий обзор существующих методик. Все использованные экспериментальные данные взяты из общедоступных публикаций в научной литературе.

Литература:

1. Горение. Физические и химические аспекты моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. // Москва, Физматлит, 2003г., 352 с. ISBN 5-9221-0438-

2. Нажипкызы М. Образование фуллеренов С60 и гидрофобной сажи в углеводородных пламенах. Учебное пособие. Алма-Аты, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, 2013г.

3. Characterisation of a LOX-LCH4 Gas Generator / S. Soller, C. Maeding, B. Kniesner, A. Preuss, N. Rackemann, R. Blasi. // Airbus Defence and Space, D-81663 Munich, Germany. Conference Paper, 2014.

4. A progress review of practical soot modelling development in diesel engine combustion / Feiyang Zhao, Wenming Yang, Wenbin Yu // Journal of traffic and transportation engineering (English edition) 2020 ; 7(3), 269 – 281, Singapore

5. Hakduck Kim and Juhun Song. Characteristics of soot and radiation of post combustion simulated gas from a gas generator. Energies 2018, 11, 1731; doi:10.3390/en11071731

Verification of soot formation numerical simulation in the hydrocarbon combustion process

Tyulkov K.V.
MAI, Moscow, Russia

At the current level of engine building development, aviation and space exploration, higher and higher demands are being placed on the autonomy of propulsion systems. Autonomy implies an increase in the design reliability of the combustion chambers and the fuel supply system. The solid particles of carbon (soot) formed in the engine have a significant impact on the processes occurring in the combustion chambers of chemical engines.

The nitrogen oxides emission estimations, sulfur and carbon monoxide and other combustion products is successfully carried out using chemical models, turbulence models and computational fluid dynamic with engineering accuracy. To date, there is no consensus on the formation of soot nuclei, further processes of adhesion, coagulation and formation of large soot conglomerations. Although it should be noted that theoretical models describe processes at certain key stages of particle formation. For example, the presence of crystals of various fullerenes and nanotubes in soot, the combusting of large soot particles, polymerization processes using acetylene molecules, and similar phenomena are indisputable facts [1,2] and have been confirmed experimentally.

Soot formation makes significant changes in the processes of fuel combustion in the combustion chambers of heat engines. The soot particles sedimentation on the combustion chamber walls may change the heat transfer coefficients, on the other hand, it changes the albedo, increasing the proportion of absorbed radiant energy, neglect of these effects leads to an erroneous assessment of the thermal state of the wall. The soot particles deposition in the cavities and pockets of the injectors combustion chambers can lead to a decrease in their service life. It is also necessary to take into account the effect of secondary ignition, which can change the temperature field in the combustion chamber. These and other processes have been studied in numerous experimental studies published in literary sources [3-5].

Serious verification is required for the estimated estimates of soot formation. Verification with significantly different experimental studies will confirm the operability of the method under different physical conditions of the engine.

The paper compares calculations performed on the basis of computational fluid dynamics methods with existing experimental studies. A brief overview of existing techniques is given. All experimental data used are taken from publicly available publications in the scientific literature.

References:

1. Combustion. Physical and chemical fundamentals, modellingand simulation, experiments, pollutant formation. / Warnatz J., Maas U., Dibble R.W. // Moscow, Physmaslit, 2003., 352 p. ISBN 5-9221-0438-1

2. Najipkyzy M. Formation of C60 fullerenes and hydrophobic soot in hydrocarbon flames. Training manual. Alma-Aty, Al-Farabi Kazakh National Univercity, 2013.

3. Characterisation of a LOX-LCH4 Gas Generator / S. Soller, C. Maeding, B. Kniesner, A. Preuss, N. Rackemann, R. Blasi. // Airbus Defence and Space, D-81663 Munich, Germany. Conference Paper, 2014.

4. A progress review of practical soot modelling development in diesel engine combustion / Feiyang Zhao, Wenming Yang, Wenbin Yu // Journal of traffic and transportation engineering (English edition) 2020 ; 7(3), 269 – 281, Singapore

5. Hakduck Kim and Juhun Song. Characteristics of soot and radiation of post combustion simulated gas from a gas generator. Energies 2018, 11, 1731; doi:10.3390/en11071731

Применение керамоматричных композитов для декарбонизации авиационной отрасли России

Фертиков А.О., Силуянова М.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время правительства России и многих других стран начинают подготовку к низкоуглеродному будущему, в котором роль и применение ископаемых источников энергии будет максимально снижена либо нивелирована полностью.

Движение к полному отказу от карбоновых выбросов коснётся и авиационной промышленности. Если раньше Международная организация гражданской авиации постепенно вводила технические требования к авиадвигателям, которые ограничивали эмиссию CO2, то с 2028 года производство моделей самолётов, которые не отвечают новым стандартам, должно быть полностью прекращено.

Нужно отметить, что для авиационных силовых установок, использующих процесс сгорания топлива, основным направлением развития все эти годы является повышение основных параметров их рабочих циклов, таких как температура и давление. Снижение выбросов CO2 при этом всегда являлось второстепенной, если не третьестепенной задачей, так как меры, принимаемые для этого, всегда приводили к усложнению конструкции и снижению тяги. В связи с этим можно сделать вывод, что модернизация существующих авиационных силовых установок и разработка перспективных, развивавшихся и созданных в старой парадигме, будет крайне затратным, сложным и длительным процессом.

Кратчайший путь по достижению декарбонизации авиационной промышленности - внедрение в существующие и перспективные авиационные силовые установки керамоматричных композиционных материалов (далее КМК). Помимо их полезных свойств для технического усовершенствования изделий, стоит так же отметить, что сам по себе КМК – это связанный в твёрдой форме углерод, который навсегда остаётся в статичном состоянии, а значит, что увеличение производства КМК приводит к снижению CO2 в окружающей среде.

В качестве примера приводится эксперимент по созданию авиационной силовой установки для барражирующего беспилотного летательного аппарата на основе двигателя внутреннего сгорания (ДВС), который был модернизирован с применением технологий КМК, позволивших снизить расход топлива в нём более чем в два раза за счёт уменьшения потерь энергии во внешнюю среду.

При разработке двигатель был доработан согласно новой теоретической модели, учитывающей последовательное преобразование всех используемых видов энергий в ДВС:

- Химическая энергия топлива.
- Тепловая энергия газов.
- Линейная механическая энергия поршня.
- Механическая энергия вращения вала.

В результате были разработаны новая система объёмно-плазменного зажигания топлива, разработана система ультратонкой диспергации и гомогенизации топлива, механическая часть двигателя обработана антифрикционными и жаростойкими составами КМК для того, чтобы повысить температуру и давление рабочего тела, и в то же время снизить механические, тепловые и иные потери энергии, а также повысить прочность и точность его деталей и узлов.

Из этого следует, что при процессе сгорания куда меньшего объёма топлива, которое будет происходить более полно, будет снижаться и эмиссия CO2 в окружающую среду.

Подобная модернизация с применением КМК применима к любому типу авиационных силовых установок, использующих в своей работе термодинамические преобразования, и может позволить многократно снизить их углеродный след без существенного вмешательства в конструкцию и не вступая в конфликт с существующими заделами.

Application of ceramic matrix composites for decarbonization of the aircraft industry of Russia

Fertikov A.O., Siluyanova M.V.
MAI, Moscow, Russia

Currently, the governments of Russia and many other countries are beginning to prepare for a low-carbon future in which the role and use of fossil energy sources will be minimized or eliminated.

The move towards a complete elimination of carbon emissions will also affect the aviation industry. If earlier the International Civil Aviation Organization gradually introduced technical requirements for aircraft engines that limited CO2 emissions, then from 2028 the production of aircraft models that do not meet the new standards should be completely stopped.

It should be noted that for aircraft power plants using the fuel combustion process, the main direction of development all these years has been to increase the main parameters of their operating cycles, such as temperature and pressure. At the same time, reducing CO2 emissions has always been a secondary, if not tertiary issue, as the measures taken to this have always led to a more complex design and a decrease in thrust. In this regard, we can conclude that the modernization of existing aircraft power plants and the development of promising, developed and created in the old paradigm will be an extremely costly, complex and lengthy process.

The shortest way to achieve decarbonization of the aviation industry is the introduction of ceramic-matrix composite materials (hereinafter CMC) into existing and future aircraft power plants. In addition to their useful properties for the technical improvement of products, it is also worth noting that CMC itself is carbon bound in a solid form, which remains forever in a static state, which means that an increase in CMC production leads to a decrease in CO2 in the environment.

As an example, an experiment is given to create an aviation power plant for a patrolling unmanned aerial vehicle based on an internal combustion engine (ICE), which was modernized using KMK technologies, which made it possible to reduce fuel consumption in it by more than two times by reducing energy losses to the external Wednesday.

During development, the engine was modified according to a new theoretical model, taking into account the sequential conversion of all types of energy used in the internal combustion engine:

- Chemical energy of the fuel.
- Thermal energy of gases.
- Linear mechanical energy of the piston.
- Mechanical energy of shaft rotation.

As a result, a new system of volumetric plasma ignition of fuel was developed, a system of ultrafine dispersion and homogenization of fuel was developed, the mechanical part of the engine was treated with antifriction and heat-resistant compositions of KMK in order to increase the temperature and pressure of the working fluid, and at the same time reduce mechanical, thermal and other energy losses, as well as to increase the strength and accuracy of its parts and assemblies.

It follows from this that with the combustion of a much smaller volume of fuel, which will occur more completely, the CO2 emissions into the environment, will also decrease.

Such modernization with the use of KMK is applicable to any type of aircraft power plants that use thermodynamic transformations in their work, and can significantly reduce their carbon footprint without significant interference in the constuction.

Математическая модель прогнозирования шума воздушного винта, устанавливаемого на крыле

Чэнь Болунь
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время увеличивается количество разработок беспилотных летательных аппаратов и самолетов с распределенным электрическим движителем (DEP). Это приводит к необходимости снижения уровня шума при одновременном улучшении или, по крайней мере, поддержании того же уровня аэродинамических характеристик. В работе рассматривается метод изучения и прогнозирования шума устанавливаемого воздушного винта.

Обычно, подобный летательный аппарат имеет крыло с большим удлинением и маленьким углом стреловидности, которые обеспечивает большую дальность и продолжительность полета. Для упрощения задачи в работе рассматривается только взаимодействие между воздушным винтом и крылом.

Звуковое излучение изолированного воздушного винта хорошо изучено, начиная с работы Гутина в 1936.

Очевидно, что устанавливаемый на крыло воздушный винт усложняет задачу. В работе Германского центра авиации и космонавтики показана разница между случаями с изолированным и устанавливаемым воздушным винтом. Отмечается, что на крыле тоже появляется акустический эффект.

Взаимодействие между воздушным винтом и крылом состоит из взаимодействия потенциального потока и вязкого следа воздушного винта. Согласно работе Kemp и Sears можно отметить, что, если расстояние между винтом и крылом больше чем хорда лопастей винта, влияние вязкого следа винта значительно важнее. Теперь рассматривать установливаемый воздушный винт как одноступенчатый ротор и одноступенчатый статор с двумя лопастями.

Толщина крыла считает очень тонкая, тогда пульсации силы на крыле может быть определена с помощью функции Sears.

Так как пульсации подъемной силы на крыле обычно существенно больше, чем пульсаций сопротивления, достаточно рассмотреть только составялющие вертикальной нестационарной силы.

Таким образом, из-за наличия крыла уровни звукового давления могут увеличиться на 5-10 дБ в большинстве направлений. Становится очень важным учитывать шум устанавливаемого воздушного винта при аэродинамическом проектировании самолета. Представленная в работе математическая модель может дать быстрый и относительно точный прогноз шума воздушного винта, устанавливаемого на крыле.

A mathematical model for predicting the noise of an installed propeller

Chen Bolun
MAI, Moscow, Russia

Currently developments of unmanned aerial vehicles and aircraft with distributed electric propulsion (DEP) is increasing. This leads to the need to reduce the noise level while improving or at least maintaining the same level of aerodynamic performance. The paper considers a method for studying and predicting the noise of an installed propeller.

Usually, such an aircraft has a wing with a large wing span and a small sweep angle, which provides a long range and duration of flight. To simplify the task, the paper considers only the interaction between the propeller and the wing.

The noise radiation of a single isolated propeller has been well studied since Gutin's work in 1936.

Obviously, the propeller mounted on the wing complicates the task. The work of the German Aviation and Cosmonautics Center shows the difference between cases with an isolated and an installed propeller. It is noted that an acoustic effect also appears on the wing.

The interaction between the propeller and the wing consists of the interaction of the potential flow and the viscous wake of the propeller. According to the work of Kemp and Sears, it can be noted that if the distance between the propeller and the wing is greater than the chord of the propeller blades, the influence of the viscous wake of the propeller is much more important. Now consider the installed propeller as a single-stage rotor and a single-stage stator with two blades.

The thickness of the wing is considered very thin, then the force fluctuation on the wing can be determined by the Sears function.

Since the lift fluctuation on the wing are usually significantly greater than the drag fluctuation, it is sufficient to consider only the vertical components of the non-stationary force.

Thus, due to the presence of a wing, sound pressure levels can increase by 5-10 dB in most directions. It becomes very important to take into account the noise of the installed propeller in the

aerodynamic design of the aircraft. The mathematical model presented in the paper can give a quick and relatively accurate prediction of the noise of the propeller mounted on the wing.

Конструкция и проектирование поворотного соплового аппарата турбины перспективных авиационных ГТД

Шеметовец А.А., Нестеренко В.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

В целом ряде областей применения газотурбинных двигателей летательных аппаратов и промышленных газотурбинных установок целесообразно применять изменение проходной площади соплового аппарата турбин турбокомпрессора и силовых турбин привода, осуществляемое путем поворота их сопловых лопаток, что позволяет, например, регулировать расход рабочего тела через силовую установку.

В так называемый «жаркий» день мощность или тяга турбокомпрессорных силовых установок падает, из-за чего их приходится переразмеривать, изготавливая с большими весовыми и габаритными размерами, или использовать существенно более высокие температуры газа перед турбиной, что приводит к уменьшению ресурса их работы.

В двигателях, работающих по сложным циклам с применением рекуператора поворотные сопловые аппараты позволяют существенно повысить экономичность, поскольку эффективность рекуператора определяется уровнем температуры газа, омывающего его матрицу.

Регулируемый сопловой аппарат дает возможность изменять мощность ГТД при неизменной температуре газа перед турбиной и использовать при их эксплуатации переменные режимы по двум законам: постоянства начальной высокой температуры газа перед турбиной и постоянства числа оборотов ротора ГТД.

Для современных высокотемпературных авиационных двигателей конструктивный облик поворотного соплового аппарата турбины должен рассматриваться в двух вариантах: охлаждаемом и неохлаждаемом. Проведенные расчёты показывают, что требуемый угол поворота выходной кромки лопатки небольшой и составляет порядка нескольких градусов. Были сформулированы технические требования к отдельным деталям и узлам конструкции поворотного соплового аппарата турбины, определяющие их работоспособность. С учётом требований были разработаны вариантные конструктивные схемы возможной реализации.

Наиболее сложной задачей является обеспечение требований по массе и габаритам узла поворота одновременно с минимизацией радиальных зазоров между торцами поворотных лопаток и их корпусом, а также сохранение минимальных величин этих зазоров в рабочих условиях. Это требование должно легко обеспечиваться при сборке, в условиях цеха, обеспечивая высокую технологичность, однако при проектировании неизбежны трудности, а именно: необходимость согласовать взаимные перемещения уплотняемых поверхностей лопаток и корпусов, образующих проточную часть, от действия термических расширений и газовых сил, возникающих при работе двигателя. Минимизировать потери возможно, например, при использовании активных систем управления зазорами, за счёт дополнительного охлаждения элементов турбины.

The design of the swivel turbine blade apparatus for advanced aircraft gas turbine engines

Shemetovets A.A., Nesterenko V.G.
MAI, Moscow, Russia

In applications of gas turbine engines of aircraft and industrial gas turbine installations, it is advisable to apply a change in the flow area of the nozzle apparatus of turbines and power turbines, carried out by turning their nozzle blades, which allows to regulate the flow of the working fluid through the power plant.

On a hot weather day, the power and thrust of gas turbine engines drops, which is why they have to be re-sized, manufactured with large weight and overall dimensions, or use significantly higher gas temperatures in front of the turbine, which leads to a decrease in their service life.

In engines operating in complex cycles using a recuperator, swivel turbine blades can significantly increase efficiency, since the efficiency of the recuperator is determined by the temperature level of the gas passing through its matrix.

The swivel turbine blades unit makes it possible to change the power of the gas turbine at a constant temperature of the gas in front of the turbine and use variable modes during their operation according to two regulatory laws: the constancy of the initial high temperature of the gas in front of the turbine and the constancy of the rotor speed of the rotor of the gas turbine.

For modern high-temperature aircraft engines, the design appearance of the swivel blades of the turbine should be considered in two versions: cooled and uncooled. The calculations show that the required angle of rotation of the output edge of the blade is small and is on the order of several degrees. Technical requirements were formulated for individual parts and components of the design of the swivel blades of the turbine, determining their operability. Taking into account the requirements, variant design schemes of possible implementation were developed.

The most difficult task is to meet the requirements for the weight and dimensions of the turbine unit while minimizing the radial gaps between the ends of the swivel blades and body, as well as maintaining the minimum values of these gaps in working conditions. This requirement should be easily ensured during assembly, in the conditions of the workshop, ensuring high manufacturability, however, difficulties are inevitable when designing, namely: the need to coordinate the mutual movements of the sealed surfaces of the blades and housings forming the flow part from the action of thermal expansions and gas forces arising during engine operation. It is possible to minimize losses, for example, when using active gap control systems, due to additional cooling of turbine elements.

Экспериментальные исследования по влиянию подогрева топливного газа на эмиссионные и газодинамические характеристики горения

Шилова А.А.
ПНИПУ, г. Пермь, Россия

Одной из основных характеристик камеры сгорания ГТД является полнота сгорания топлива. От полноты сгорания топлива напрямую зависит экономичность ГТД, ею же определяется эмиссия монооксиси углерода и несгоревших углеводородов.

Подогрев воздуха и топливного газа перед их подачей в камеру сгорания по-разному влияет на характеристики внутрикамерного процесса и режимные параметры энергоустановки. Подогрев топливного газа слабо влияет на эффективность энергоустановки, но сильно сдвигает нижний предел горения обедненных смесей в сторону больших коэффициентов избытка воздуха. Исследования показали, что подогреватель топливного газа имеет малые габаритные размеры (компактную форму) и его мощность составляет до 10% от полезной мощности установки [1]. Кроме того, внешний подогрев топливного газа позволяет надеется на разработку нового способа регулирования энергоустановкой, основанной на подогреве топливного газа, без изменения конструкции и расходов компонентов [2].

Эксперименты проводились на экспериментальном стенде, расположенном в Пермском национальном исследовательском политехническом университете на кафедре «Ракетно-космическая техника и энергетические системы».

Методикой проведения испытания предусмотрено простое непосредственное сравнение качества горения по уровню эмиссии без подогрева топлива и с его подогревом, исходя из возможностей стендового электроподогревателя.

Проведенные расчетно-экспериментальные исследования по влиянию подогрева топливного газа на газодинамические и эмиссионные характеристики горения позволяют сформулировать следующие выводы:

- Внешний подогрев топливного газа незначительно влияет на термо- и газодинамические характеристики горения. Получено, что повышение температуры топливного на 40% приводит к повышению температуры горюче-воздушной смеси на 0,5% и температуры продуктов сгорания на 0,4%.

- Получена сильная зависимость эмиссии монооксиси углерода и оксидов азота от внешнего подогрева топливного газа. Увеличение температуры топливного газа на входе в горелочное на 40% приводит к уменьшению эмиссии монооксиси углерода на 24% и увеличению эмиссии оксидов азота на 15%.

- Температура подачи топливного газа слабо влияет на скорость горюче-воздушной смеси и скорость турбулентного горения. Относительная расходонапряженность сохраняет почти постоянное значение gk=(1,44…1,46) кг/(с*Н), которое соответствует стабильному положению пламени [3].

- Полученные результаты свидетельствуют о возможности регулирования микрогазотурбинных энергоустановок путем подогрева топливного газа с использованием газоанализации продуктов сгорания без изменения расходных и конструктивных характеристик камеры сгорания.

- Экспериментально подтверждена устойчивость низкотемпературного бедного горения с внешним подогревом топливного газа. Зарегистрировано устойчивое положение фронта пламени при коэффициенте избытка воздуха 4,59.

Литература:

1. Организация низкотемпературного бедного горения утилизируемого газа / Н.Л. Бачев, А.А. Шилова, О.О. Матюнин, Р.В. Бульбович // Проблемы региональной энергетики. – 2020. – № 3 (47). – С. 56-68.

2. Способ регулирования подачи топлива в газотурбинный двигатель // Патент RU 2 665 602 C1, 31.08.2018. / Пеков А.П., Андрюков Н.А., Нугуманов А.Д.

3. Исследование характеристик низкотемпературного бедного горения в энергоустановках с внешним подогревом компонентов / Бачев Н.Л., Шилова А.А., Матюнин О.О., Бетинская О.А. // Проблемы региональной энергетики. – 2021. – № 2 (50). – С. 127-140.

Experimental studies on the effect of fuel gas heating on the emission and gas dynamic characteristics of combustion

Shilova A.A.

PNRPU, Perm, Russia

One of the main characteristics of a GTE combustion chamber is combustion efficiency. The combustion efficiency of a GTE is directly related to the combustion completeness, which also determines the emission of carbon monoxide and unburned hydrocarbons.

Heating of air and fuel gas before their supply into the combustion chamber affects differently the characteristics of the inner chamber process and mode parameters of the power unit. Heating the fuel gas has little effect on the power plant efficiency, but strongly shifts the lower combustion limit of lean mixtures towards higher excess air coefficients. Researches have shown, that fuel gas preheater has small overall dimensions (compact form) and its capacity is up to 10% of the useful power of the unit [1]. In addition, external fuel gas preheater makes it possible to develop a new way of energy plant control based on fuel gas preheater without changing the design and consumption of components [2].

Experiments were carried out at the experimental stand located at the Perm National Research Polytechnic University at the Department of Rocket and Space Technology and Power Systems.

The test methodology provided for a simple direct comparison of combustion quality in terms of emission level without and with fuel heating, based on the capabilities of the bench electric preheater.

The calculation-experimental studies on influence of fuel gas heating on gas-dynamic and emission characteristics of combustion allow to formulate the following conclusions:

- External heating of fuel gas slightly affects the thermal and gas-dynamic characteristics of combustion. It is obtained that a 40% increase in fuel gas temperature leads to a 0.5% increase in the temperature of combustion-air mixture and 0.4% increase in the temperature of combustion products.

- A strong dependence of carbon monoxide and nitrogen oxides emissions on external heating of fuel gas was obtained. A 40% increase in fuel gas temperature at the burner inlet leads to a 24% decrease in carbon monoxide emissions and a 15% increase in nitrogen oxides emissions.

- The temperature of fuel gas supply has little influence on the speed of combustion-air mixture and speed of turbulent combustion. The relative flow rate keeps almost constant value gk=(1,44...1,46) kg/(s*H), which corresponds to the stable flame position [3].

- The results obtained show that it is possible to regulate micro-gas turbine power plants by heating fuel gas using gas analysis of combustion products without changing the flow rate and structural characteristics of the combustion chamber.

- The stability of low-temperature poor combustion with external fuel gas heating was experimentally confirmed. Stable position of the flame front at the excess air ratio of 4.59 has been registered.

References:

1. Bachev N.L., Shilova A.A., Matyunin O.O., Bul'bovich R.V. Organization of low-temperature poor combustion of recycled gas. Problems of the regional energetics, 2020, no. № 3 (47), pp. 56-68.

2. Method of fuel control in a gas turbine engine // Patent RU 2 665 602 C1, 31.08.2018. / A.P. Pekov, N.A. Andryukov, A.D. Nugumanov.

3. N. L. Bachev, A. A. Shilova, O. O. Matyunin, O. A. Betinskaya. Investigation of Low-Temperature Lean Combustion Characteristics in Power Plants with External Heating of Components. Problemele energeticii regionale, 2021, № 2(50), p.p. 127-140.

Численное исследование характеристик соплового аппарата осевой турбины с учетом различной геометрии входной области

Харитонова А.А., Зубанов В.М., Щербань А.И., Попов Г.М.
Самарский университет, г. Самара, Россия

В настоящее время численное моделирование рабочих процессов турбин позволяет с высокой точностью описать протекающие в них процессы. Для получения достоверных результатов расчета турбины за наименьшее затраченное время необходимо создать эффективную численную модель ее рабочего процесса.

Цель данной работы: выработка рекомендаций по формированию эффективной численной модели турбины в отношении геометрии входной области соплового аппарата (СА). Для достижения поставленной цели была поставлена задача оценить влияние геометрии входной области перед СА в расчетной модели на определение получаемых в ходе моделирования характеристик. В качестве предмета исследования выбран неохлаждаемый сопловой аппарат из отчета NASA[1].

Исследование характеристик СА выполнялось в диапазоне изменения изоэнтропической приведенной скорости на среднем радиусе в сечении на выходе из СА от 0,57 до 0,90. Стендовая установка имела колоколообразный вход. Для исследования влияния геометрии входной области расчетной модели на получаемые при моделировании характеристики СА были рассмотрены три варианта моделирования входной области: модель без учета колоколообразного входа, модель с учетом колоколообразного входа, модель с учетом области перед колоколообразным входом.

Создание сеточной модели выполнялось с помощью программы Numeca AutoGrid5. В качестве настроек сеточной модели были выбраны настройки, которые заведемо удовлетворяли рекомендациям для поверочных моделей, чтобы исключить взаимное влияние сеточной модели и геометрии входной области. Моделирование рабочего процесса соплового аппарата турбины выполнялось с использованием моделей турбулентности Spalart Allmaras (SA) и Shear Stress Transport (SST). Обработка полученных в результате моделирования данных выполнялась по методике обработки результатов эксперимента.

По результатам моделирования в сечении на выходе из СА выполнялось построение распределения по высоте проточной части КПД СА.

При использовании моделей турбулентности SA и SST наблюдается схожий характер распределения КПД по высоте, количественное отличие составляет менее 0,2% для области основного потока и менее 1,0% для вихревых областей на высоте 10% и 80% высоты лопатки СА, т.е. в области вторичных течений. Максимальная разница между значениями КПД для разных входных областей СА не превышает значения $\Delta\eta_{CA}$=0,0037 для интегрального

значения КПД, и не превышает значения $\Delta\eta_{CA_ср}$=0,0037 для значения КПД на среднем диаметре.

В результате было установлено, что интегральные параметры практически не зависят от выбора геометрии входной области. Расчётные распределения относительного КПД по высоте повторяют экспериментальное распределение. Максимальное расхождение с экспериментальными данными наблюдалось в вихревых областях и не превышало 1,3%.

Numerical study of the characteristics of an axial turbine nozzle apparatus taking into account different geometry of the inlet area

Kharitonova A.Yu., Zubanov V.M., Shcherban A.I., Popov G.M.
Samara University, Samara, Russia

At present, the numerical simulation of turbine working processes makes it possible to describe the processes occurring in them with high accuracy. To obtain reliable results of calculating a turbine in the least amount of time spent, it is necessary to create an effective numerical model of its working process.

The purpose of this work: development of recommendations for the formation of an effective numerical model of the turbine in relation to the geometry of the inlet area of the nozzle apparatus (NA). To achieve this goal, the task was set to evaluate the influence of the geometry of the input area in front of the NA in the computational model on the determination of the characteristics obtained in the course of modeling. An uncooled nozzle apparatus from the NASA report was selected as the subject of research.

The study of the SA characteristics was carried out in the range of variation of the isentropic reduced velocity at the average radius in the section at the outlet from the NA from 0.57 to 0.90. The stand had a bell-shaped entrance. To study the influence of the geometry of the input area of the computational model on the characteristics of the NA obtained during modeling, three options for modeling the input area were considered: a model without taking into account the bell-shaped entrance, a model taking into account the bell-shaped entrance, and a model taking into account the area in front of the bell-shaped entrance.

The mesh model was created using the Numeca AutoGrid5 program. As the settings for the mesh model, settings were chosen that certainly met the recommendations for verification models in order to exclude the mutual influence of the mesh model and the geometry of the input area. The turbine nozzle workflow was simulated using the Spalart Allmaras (SA) and Shear Stress Transport (SST) turbulence models. The processing of the data obtained as a result of modeling was carried out according to the procedure for processing the experimental results.

According to the results of modeling in the cross section at the outlet of the NA, the height distribution of the flow part of the efficiency of the NA was constructed.

When using the SA and SST turbulence models, a similar character of the efficiency distribution along the height is observed, the quantitative difference is less than 0.2% for the main flow area and less than 1.0% for vortex areas at a height of 10% and 80% of the NA blade height, i.e. in the area of secondary currents. The maximum difference between the values of the efficiency for different input areas of the NA does not exceed the value of $\Delta\eta_{NA}$=0.0037 for the integral value of the efficiency, and does not exceed the value of $\Delta\eta_{NAm}$=0.0037 for the value of the efficiency at the average diameter.

As a result, it was found that the integral parameters are practically independent of the choice of the geometry of the input region. The calculated distributions of the relative efficiency over the height repeat the experimental distribution. The maximum discrepancy with the experimental data was observed in vortex regions and did not exceed 1.3%.

Сеточное влияние в методике численного моделирования нестационарных процессов камеры сгорания газотурбинного двигателя

Яковлев А.А., Савчук А.Т.
МАИ, г. Москва, Россия

Применение инструментов CFD для расчета горения в КС ГТД является актуальной задачей, т.к. проведение численного исследования требует значительно меньших затрат. Однако,

результат численного моделирования во многом определяется правильной постановкой задачи.

Существует множество источников ошибок в расчетах с использованием CFD методов: аккумулированные ошибки вычислений, чувствительность к размеру сетки, дискретизации, экстраполяции потоков в сеточных интерфейсах, ошибки моделей турбулентности, допущения и упрощения, применяемые к конструкции и т.д.

Расчетная сетка должна удовлетворять минимальным критериям моделируемых процессов, протекающих в КС, но следует иметь в виду, что с увеличением количества элементов сетки возрастает время вычислений. При этом есть верхний предел размера сетки, когда полученный результат не зависит от дальнейшего уменьшения ее размеров [2].

При выборе параметров математической модели следует учитывать характер течения в КС. При работе КС с нестационарным процессом появляются транс- и сверхзвуковые зоны течения, совместное рассмотрение которых с дозвуковым доменом определит выбор параметров всей расчетной модели. Существуют рекомендации и проведена оценка влияния указанных параметров потока и расчетной сетки с верификацией полученных результатов [3–7].

Сходимость можно считать достигнутой при выполнении следующих условий:

• Снижение среднеквадратичных невязок по всем узлам расчетной модели ниже границы 1E-3.

• Массовый дисбаланс входящего потока с учетом топлива и выходящего потока не более 0,5%.

Возможность использования динамического измельчения и укрупнения сетки в процессе расчета в зонах высоких градиентов, будет оценена после определения параметров:

• Критерия запуска процесса перестроения сетки.

• Частоты проверки критерия и диапазон времени, в рамках которого перестроение будет активно.

Полученные результаты позволяют выбрать оптимальные параметры сетки, модель турбулентности и оценить возможность использования адаптивных сеток для получения результатов при приемлемых временных затратах и доступных вычислительных ресурсах.

1. Savchuk A. T.,Yakovlev A. A. Method of the numerical modelling of unstationary processes in the combustion chamber of a gas turbine engine, May 2021, Journal of Physics Conference Series 1925(1):012009

2. Le Sausse P., Fabrie P., Arnou D. [et al.] CFD comparison with centrifugal compressor measurements on a wide operating range // EPJ Web of Conferences. 2013. Vol. 45. 01059

3. Mangani L., Casartelli E., Mauri S. Assessment of Various Turbulence Models in a High Pressure Ratio Centrifugal Compressor With an Object Oriented CFD Code // Journal of Turbomachinery. 2012. Vol. 134 (6). 061033

4. Pecnik P., Pieringer P., Sanz W. Numerical investigation of the secondary flow of a transonic turbine stage using various turbulence closures // ASME Turbo Expo. 2005. Vol. 6.

5. Trébinjac I., Kulisa P., Bulot N. [et al.]. Effect of Unsteadiness on the Performance of a Transonic Centrifugal Compressor Stage // Journal of Turbomachinery. 2009. Vol. 131 (4). 041011

6. Ibaraki S., Matsuo T., Kuma H. [et al]. Aerodynamics of a Transonic Centrifugal Compressor Impeller // ASME Turbo Expo 2002: Power for Land, Sea, and Air. 2002. Vol. 5.

7. Danilishin A. M., Kozhukhov Y. V., Neverov V. V. The task of validation of gas-dynamic characteristics of a multistage centrifugal compressor for a natural gas booster compressor station // AIP Conference Proceedings. 2017. Vol.1876.020046

Grid influence in the numerical simulation methodology of gas turbine engine combustion chamber non-stationary processes

Yakovlev A.A., Savchuk A.T.

MAI, Moscow, Russia

The CFD tools using for burning calculations in the gas turbine engine combustion chamber is currently an urgent task since conducting a numerical study requires significantly less costs.

However, the result of numerical simulation is largely determined by the flow problem correct formulation.

There are many errors sources in any calculations using CFD methods: accumulated calculation errors, grid size sensitivity, sampling, flows extrapolation in grid interfaces, turbulence models errors, assumptions and simplifications applied to the design, etc.

The computational grid must meet the simulated processes minimum criteria occurring in the CC, but it should be borne in mind that with an increase in the grid elements number, the calculation time is increases. At the same time, as studies [2] show, there is an upper limit to the grid size, when the result obtained does not depend on a further reduction in the grid cells numbers.

When mathematical model parameters are choosing, the flow nature in the CC should be taken into account. When the CC is working with the non-stationary process that has arisen, trans- and supersonic flow areas appear, the joint consideration of which with the subsonic domain will determine the entire computational model parameters choice. A number of publications [3-7] provide recommendations and assess the influence of these flow parameters and the computational grid with results verification are obtained.

The stationary modes computational model convergence can be considered achieved if the following conditions are met:

• Root-mean-square residuals reduction for all variables included in the residuals monitoring for all computational model nodes below the boundary of 1E-3.

• Incoming flow mass imbalance, taking into account the fuel and the outgoing flow, no more than 0.5%.

The dynamic grinding usi possibility and grid enlargement in the calculation process in high gradients areas will be evaluated after determining the follows parameters:

• Criteria for starting the rebuilding the grid process.

• The checking the criterion frequency and the time range within the rebuild will be active.

The results obtained make it possible to choose the optimal grid parameters, the turbulence model and to evaluate the using adaptive grids possibility to obtain results at acceptable time costs and available computing resources.

3. Системы управления, информатика и электроэнергетика

3. Control systems, informatics and power engineering

ROBO-PVAFM Software Platform for the Asisted Research of the Kinematics and Dynamics of Industrial Robots

Olaru Adrian
University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania

The paper presents the assisted research of Forward Kinematics (FK) and Inverse Dynamics (ID) at a series of robotic structures with proper software platform OLROBOT. Arm, SCARA, Cartesian, Double Portal robots types were studied. The research focused on drawing 2D and 3D characteristics of positions, velocities, accelerations, forces and moments. Compared to current research, the paper analyzes the kinematic and dynamic behavior in terms of changing these characteristics depending on the variation of the parameters of the characteristics of acceleration, Jerk, speed, and the dimensions of the component bodies, or change the modules in the robot structure. For this purpose, the definition of the dimensions of the component bodies, the graph associated with the structure, the incidence matrices of bodies-joints and joints-bodies, as well as buttons for moving with and without the object to be manipulated, or by moving up or down were done. All these possibilities ensure a better knowledge of how the parameters and the structure of the robot can influence the dynamic behavior. The developed LabVIEW platform can be used and adapted for other types of mechanismsKnowing the dynamic behavior of robots is a complex problem, difficult to determine because the complex matrix mathematical model, but with great importance for obtaining extreme precision of the end-effector's movements with minimal vibrational energy. Many actual researches have analyzed this problem from the perspective of modeling, simulation and optimization of dynamic behavior, but most have focused on simplified models, with partial results without a complex analysis on nonlinear vectorial matrix mathematical models. Yang show in [1] the method on eliminating coefficients of nonlinear terms in the system's kinetic and potential energy equations. Was analyzed a set of design criteria regarding the link's inertia distribution. The final conclusion was for some configurations of three and four-link robots, it is possible to design completely linearized dynamic equations. In [2] Ashada shown the inverse and forward kinematics in closed form. The velocity equation, singularity, and workspace of the manipulator are presented. Also, the inverse dynamics problem was investigated by using the Lagrange multipliers approach. Liu HJ [3] show the velocity equation, singularity, and workspace of the manipulator.The proposed manipulator can be applied to the field of machine tools or used as the mobile base for a spatial manipulator. The condition number of a manipulator, Angeles [4], was defined as of its Jacobian matrix. A quadratic norm of the Jacobian matrix is needed. The kinematic conditioning was given and illustrated with some examples of industrial robots. Some basic issues in kinematic optimization have been examined by Chiu in [5].Using the concept of the velocity and force ellipsoids, the author studies the relationships between the transmission ratios and manipulator performance characteristics. It is shown that the transmission ratio is also a direct measure of error amplification. The author characterizes optimality as an appropriate compromise between manipulability and accuracy in the velocity and force domain.

Оптимизационная задача построения системы накопления энергии для системы электроснабжения на основе ВТСП устройств

Осипов В.В., Савилкин С.Б., Савилкина О.А., Мацыкин С.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Система накопления энергии (СНЭ) должна функционировать в составе системы электроснабжения на основе ВТСП устройств и по этой причине СНЭ, должна удовлетворять ряду требований, предъявляемых к системе более высокого иерархического уровня, которой является система электроснабжения (СЭС).

В свою очередь СЭС также является подсистемой, входящей в систему более высокого уровня, которая определяет требования ко всей СЭС с входящей в нее СНЭ. Удовлетворение требований, предъявляемых к СЭС, может быть достигнуто как за счет выбора соответствующих параметров и характеристик СНЭ, так и за счет изменения параметров остальных частей СЭС, не входящих в СНЭ.

В этих условиях становится очевидным факт необходимости решения задачи оптимизации состава и характеристик СЭС, с входящей в нее СНЭ в качестве подсистемы.

Указанная оптимизационная задача имеет множество ограничений, налагаемых с одной стороны условиями физической реализации, а с другой стороны многими другими факторами, такими как масса, габариты, надежность, стоимость, сроки создания и др. При этом следует исходить из того, что система электроснабжения является системой более высокого уровня, поэтому параметры системы накопления энергии выбираются исходя из характеристик системы электроснабжения.

В этих условиях СНЭ получает соответствующие граничные условия как минимум на максимальную входную мощность. Кроме этого, используемый в системе электроснабжения синхронный генератор создает дополнительные требования к СНЭ в плане допустимого диапазона входного и выходного напряжений.

Выбор облика и параметров СНЭ также является оптимизационной задачей, поскольку существует определенный простор варьирования структурой и характеристиками элементов системы накопления энергии при сохранении выполнения требований к СЭС в целом. Удовлетворение требований по энергоемкости СНЭ можно с одной стороны применением накопителя с меньшим выходным напряжением, но с большей емкостью в [Ач], с другой стороны применением накопителя с большим выходным напряжением, но меньшей емкости.

В первом случае упрощается накопитель, происходит упрощение процессов управления зарядом и разрядом, облегчается балансировка, сокращение итоговой массы и габаритов за счет экономии на конструктивных элементах. При этом возникает необходимость в наличие повышающего DC/DC преобразователя для выполнения требований по выходному напряжению. Это усложняет систему накопления энергии в целом и сводит на нет преимущество по массе и габаритам, снижает КПД и понижает надежность.

Во втором случае накопитель может быть создан таким образом, чтобы его выходное напряжение укладывалось в допустимый диапазон определяемой СЭС без использования повышающего DC/DC преобразователя. При этом в состав накопителя будет необходимо устанавливать большее количество аккумуляторов, что усложняет управление процессами заряда и разряда, затрудняет балансировку.

Литература:

1. Слепцов В.В., Савилкин С.Б., Мацыкин С.В., Дителева А.О., Состояние и перспективы интеллектуальных систем накопления, хранения и транспортировки электрической энергии. Тезисы 19-ой Международной конференции. Москва, 2020. С. 223-224.

2. Матвеев В.А., Маевский В.А. Применение объемных высокотемпературных сверхпроводников в перспективных космических системах. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016.

The optimization task of building an energy storage system for a power supply system based on high temperature superconductivity devices

Osipov V.V., Savilkin S.B., Savilkina O.A., Matsykin S.V.

MAI, Moscow, Russia

The energy storage system (ESS) must function as part of the power supply system based on high temperature superconductivity (HTS) devices and for this reason, the ESS, as a part of the power supply system, must satisfy a requirement for a higher-level system, which is the power supply system (PSS).

The PSS is also a subsystem that is a part of a higher-level system that defines the requirements for the entire PSS with the included ESS. Consequently, the satisfaction of the PSS requirements can be achieved both by selecting the appropriate parameters and characteristics of the ESS, and by

changing the parameters and characteristics of the remaining parts of the PSS that are not included in the ESS.

It is obvious that it is necessary to solve the problem of optimization the composition and characteristics of the PSS and the included ESS as a subsystem.

The specified optimization task has many restrictions, that imposed by the conditions of physical implementation and by many other factors, such as weight, dimensions, reliability, cost, terms of creation, exploitation requirements, etc. At the same time, it should be assumed that the PSS is a higher-level system, therefore, the appearance and parameters of the ESS are selected based on the characteristics of the PSS.

The ESS receives the appropriate boundary conditions for at least the maximum input power (power that can be upload into the storage). In addition, the synchronous generator in the power supply system creates additional requirements for the ESS in terms of the permissible range of input and output voltages.

The choice of the appearance and parameters of the ESS is also an optimization task, because there is a certain scope for variation in the structure and characteristics of the elements of the ESS while maintaining compliance with the requirements for the PSS. It can be argued that achievement the requirements for the energy intensity of the ESS is possible by using a storage device with a lower output voltage, but with a larger capacity [A*h] and by using a storage device with a higher output voltage, but a smaller capacity.

In the first case, the storage is simplified (fewer batteries), charge and discharge control processes are simplified, balancing is facilitated, and the final weight and dimensions are reduced due to savings on structural elements. However, there is a need for a step-up DC/DC converter to achieve the requirements for the output voltage. This complicates the ESS as a whole and negates the advantage in weight and dimensions, reduces efficiency and reduces reliability.

In the second case, the storage can be created in such a way that its output voltage fits within the permissible range, determined by the PSS without using a step-up DC/DC converter. However, a larger number of batteries will need to be installed in the storage, which complicates the control of the charge and discharge processes, makes balancing difficult.

Эластичная модель вычислений для группы автономных космических аппаратов

Семенов А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Предыдущая работа была связана с исследованием роли распределенных эластичных вычислительно-программных комплексов, служащих организационной инфраструктурой для применения искусственного интеллекта в космической деятельности. Способность группировки спутников к динамической кластеризации (конструированию и деконструированию кластера) в контексте изменяемых ограничений на ресурсы Информационных Технологий (ИТ-ресурсы) определим, как эластичные вычисления для группировки спутников. ИТ-ресурсы подразделяются на аппаратные, программные и человеческие. Для группировки спутников, находящихся на околоземной орбите ограничения на ИТ-ресурсы динамически изменяются в реальном времени. Это связано, например, с уходом спутников из области видимости, с решением каждым спутником других приоритетных задач, а также другими динамически изменяемыми условиями. Видимость спутника – это способность спутника приемника воспринимать или принимать сигнал со спутника передатчика. При этом общая вычислительная способность группировки определяется ее размерностью, т. е. количеством вершин в вычислительной сети, которое так же может изменяться в реальном времени.

При таком подходе, проблема оптимального распределения ИТ-ресурсов для формирования кластера на основе вершин вычислительной сети является центральной. Сделаны следующие допущения: размерность кластера определяет его рабочую нагрузку и производительность, относящуюся к скорости выполнения необходимой задачи, что существенно для задач реального времени, размерность кластера измеряется в вершинах (космических аппаратах) сети из которых он может формироваться.

Для решения данной проблемы разработана модель, основанная на миграции главного узла кластера по вычислительной сети. Сеть представляется решеткой, которая служит основой для формирования кластера в зависимости от наличия свободных вершин в сети. Главная вершина кластера соответствует вершине, требующей увеличения рабочей нагрузки, необходимой для решения поставленной задачи. Для реализации задачи формируется кластер.

Модель позволяет репликацию главной вершины для формирования нескольких кластеров на одной решетки. Формирование кластера описывается динамикой графов, а нескольких кластеров для различных задач - в терминах фрактальных (самоподобных) графов.

Модель может применяться на этапе проектирования и сопровождения группировки спутников, для разработки соответствующего программного обеспечения и имитационного моделирования работы эластичного вычислительно-программного комплекса.

Elastic computing model for a constellation of autonomous spacecrafts

Semenov A.S.
MAI, Moscow, Russia

The role of distributed elastic computing and software systems serving as the organizational infrastructure for the use of artificial intelligence in space exploration was considered in the previous work.

The ability of a constellation of satellites to dynamically clustering (constructing and deconstructing a cluster) in the context of changing constraints on information technology resources (IT resources) is defined as elastic computations for the constellation of satellites. IT resources are categorized into hardware, software, and human resources. For a constellation of satellites in Near-Earth orbit, IT resource constraints are dynamically changed in real time. This is due to a variety of factors, including satellites departing the field of visibility, each satellite completing other high-priority missions, as well as other dynamically changing conditions. Satellite visibility is the ability of a receiver to sense or receive a signal from a satellite. Wherein the total computational capacity of the constellation of satellites is determined by its dimension, i. e. by the number of nodes (space crafts) in the network, which can also be changed in real time.

With this approach, the problem of optimal allocation of IT resources for a cluster formation based on the network is central. The following assumptions are made: the dimension of the cluster determines its workload and performance related to the speed of the required task, which is important for real-time tasks, the dimension of the cluster is measured by the network nodes from which cluster can be formed.

To solve this problem, the elastic model based on the migration of the main cluster node over a computer network has been developed. The network is represented by a mesh, which serves as the basis for the formation of a cluster, depending on the presence of free nodes in the network. The main cluster node corresponds to the node that requires workload increase to solve established task. To implement the requirements a cluster is formed.

The replication of the main mode is allowed to perform for forming several clusters on one mesh. The formation of a cluster is described by the dynamic of graphs, and several clusters for various tasks are described in terms of fractal (similar) graphs.

The model can be used at the stage of designing and maintaining a constellation of satellites, for the development of appropriate software and for simulation of the elastic computing and software complex.

Системное проектирование высоконагруженного сервиса видеоконференций

Алексеева Е.А., Кейно П.П.
МАИ, г. Москва, Россия

Сервис научных видеоконференций проектировался в связи со следующими расчетами: расчет пиковых нагрузок при передаче видео и аудио потоков, расчет пикового трафика просмотра конференций в записях, в соответсвии расчет конфигураций хранилищ и серверов.

Требования:

Быстрая установка соединения – соединение устанавливается сразу после подключения к конференции - предположительно, максимум 1 секунда

Высокое качество аудио и видео – видео не рассыпается и не замирает, аудио не искажается

Низкая задержка – предположительно, максимум 0.5 секунды.

При проектировании, чтобы удовлетворить заданным требованиям, придется учитывать следующие показатели сети: RTT (round-trip time), пропускную способность BW (bandwidth), процент потери пакетов (packet loss), jitter. Для организации передачи видео и аудио потоков будем использовать технологию WebRTC. В качестве кодеков возьмем рекомендуемые для WebRTC: для видео H.264, для аудио - Opus. H.264 обеспечивает высокую скорость сжатия видеопотока без ущерба качеству картинки, совместим практически со всеми используемыми браузерами и рекомендован для массовых конференций. Opus — это кодек с низкой задержкой кодирования (от 2.5 мс до 60 мс), поддержкой переменного битрейта и высоким уровнем сжатия, что идеально подходит для передачи потокового аудиосигнала в сетях с переменной пропускной способностью. ля оптимизации трансляции видео и аудио потоков можно применять различные топологии. Для аудио – топология MCU (Multipoint Conferencing Unit) подходит для аудио – соединение всех потоков на сервере в один. Для видео обычно используют SFU – прокидывают видео через сервер всем клиентам.

Для балансировки нагрузки между датацентрами на мировом масштабе будем использовать Geo based балансировку. Это позволит обеспечить наименьший latency для пользователей из разных стран. Внутри датацентра между сервисами будем использовать weighted round robin, где вес будет степенью нагруженности конкретного сервера.

Так, запрос пользователя на подключение к видеоконференции сначала распределяется geo based балансировкой к ближайшему дата центру. Далее происходит weighted round robin балансировка между инстансами сервисов конференций. Устанавливается websocket соединения для передачи видео и аудиопотока. Таким же образом происходит и установка соединения для другого пользователя, подключающегося к данной конференции и получается, что посредством балансировки пользователи транслирующие потоки в одну конференцию обрабатываются разными серверами. Тогда для синхронизации аудио и видео потоков между разными серверами потребуется брокер сообщений – Kafka. Передача видео реализуется, как говорилось выше, топологией SFU и все видеопотоки конференции передаются по открытому соединению обратно конкретному пользователю. Передача аудио - посредством топологии MCU – все аудиопотоки через Kafka попадают на сервер, там миксуются и аудиодорожка оригинального пользователя, которому будет передан полученный аудиопоток, вычитается, чтобы он не слышал самого себя.

При записи происходит запись видеопотока администратора конференции. С сервера обработки конференций видеопоток транслируется на сервер обработки записей, где посредством специальной библиотеки, работающей с потоком WebRTC и кодеков записывается видео, асинхронно сжимаясь в разные форматы. При окончании записи видео выгружается в облака и в постоянное хранилище.

System design of a high-load video conferencing service

Alekseeva E.A., Keyno P.P.
MAI, Moscow, Russia

The scientific video conferencing service was designed in connection with the following calculations: calculation of peak loads during transmission of video and audio streams, calculation of peak traffic for viewing conferences in recordings, in accordance with the calculation of storage and server configurations.

Requirements:

Quick connection setup – the connection is established immediately after connecting to the conference – presumably maximum 1 second

High quality audio and video – video does not crumble or freeze, audio is not distorted

Low latency – presumably a maximum of 0.5 seconds.

When designing, in order to meet the given requirements, the following network metrics will have to be considered: RTT (round-trip time), BW (bandwidth), packet loss, jitter. For example, in Russia the average values of network characteristics are: RTT – 200 ms, bandwidth – 1.1 Mbit / s, packet loss – 0.6%, jitter – 5 ms. To organize the transmission of video and audio streams, we will use the WebRTC technology. Let's take the recommended codecs for WebRTC: for video H.264, for audio – Opus. H.264 provides high-speed video compression without sacrificing image quality, is compatible with almost all used browsers and is recommended for mass conferences. Opus is a low latency (2.5ms to 60ms), variable bitrate, high compression codec ideal for streaming audio over variable bandwidth networks. Various topologies can be used to optimize the broadcast of video and audio streams. For audio – MCU (Multipoint Conferencing Unit) topology is suitable for audio - connection of all streams on the server into one. For video, they usually use SFU - they send video through the server to all clients.

To balance the load between data centers on a global scale, we will use Geo based balancing. This will ensure the lowest latency for users from different countries. Inside the data center, we will use weighted round robin between services, where the weight will be the degree of load on a particular server.

So, a user's request to connect to a video conference is first distributed by geo based balancing to the nearest data center. Next, weighted round robin balancing occurs between the instances of the conference services. A websocket connection is established for transmitting video and audio streams. In the same way, a connection is established for another user who connects to this conference, and it turns out that through balancing, users broadcasting streams to one conference are processed by different servers. Then, to synchronize audio and video streams between different servers, you need a message broker – Kafka. Video transmission is implemented, as mentioned above, by the SFU topology, and all video streams of the conference are transmitted over an open connection back to a specific user. Audio transmission - through the MCU topology – all audio streams through Kafka go to the server, mix there and the audio track of the original user, to whom the received audio stream will be transmitted, is subtracted so that he does not hear himself.

When recording, the video stream of the conference administrator is recorded. From the conference processing server, the video stream is broadcast to the recording processing server, where, using a special library that works with the WebRTC stream and codecs, video is recorded, asynchronously compressed into different formats. At the end of the recording, the video is uploaded to the clouds and permanent storage.

Примеры использование монад в современных языках программирования

Андрийчук В.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Ни для кого не секрет, что все разработчики программного обеспечения стараются упростить свои программы, уменьшить массу шаблонного кода. Чем больше языков программирования развивается, тем больше программистов хотят видеть высокоуровневые дизайнерские решения для различных рутинных действий. Неструктурированное написание программ на Assembler стало более упорядоченным и строгим на следующих процедурных языках, таких как C. Все еще существовал оператор "goto", но аналогично, в C есть более мощные абстракции, такие как процедуры, которые упрощают написание, отладку и, что важно, чтение таких программ. После этого возросло объектно-ориентированное программирование. Гораздо более мощные абстракции – работают не с записями или структурами, а с целыми объектами, которые кажутся похожими на саму программу.

После объектно-ориентированного программирования возникла некоторая суматоха по поводу утилизация памяти, пространств имен и пакетов для организации различных файлов кодов. Позже, с ростом многопоточных систем и не только по этой причине, программисты заинтересовались некоторыми функциями функционального программирования. Некоторые простые идеи, такие как «lazy execution» или неизменяемые переменные, сразу же стали популярными. Позже стали появляться другие функциональные элементы программирования, и одним из них является монада.

Основная цель предлагаемого проекта – объяснить, как работают различные монады в современных языках программирования, почему их следует использовать и какие существуют аналоги. В результате мы хотим сравнить и измерить, насколько это возможно, два подхода к различным задачам – монадоподобный и императивный.

Во-первых, это проблема с неявным отбрасыванием нулей и обработкой значений, которые могут быть обнулены. Многие современные языки имеют нулевое значение и, следовательно, проблемы, которые возникают из-за этого – указатели на нуль и небезопасные операции над переменными, допускающими значение null. Однако существует также множество языков, которые не имеют значений, допускающих обнуление, или ограничивают использование таких значений, например, Kotlin и Rust. Текущая проблема – настоящая головная боль для разработчиков Java. Из-за этого Java 8 представила несколько методов, представленных необязательными в своей стандартной библиотеке. Мы определенно собираемся уделить этому заслуженное внимание.

Во-вторых, выполнение вычислений в многопоточной среде. Проблема с правильной работой с несколькими потоками одновременно, использованием блоков общей памяти и некоторыми асинхронными вычислениями. По правде говоря, параллелизм и параллельное выполнение являются краеугольным камнем современного программного обеспечения. Если бы Джон Хьюз написал свою статью сегодня, он определенно проанализировал бы функциональный подход в этой области.

Общее или «global state management» это следующая проблема, которую мы рассмотрим. Эта проблема проистекает из первоначальной концепции постоянных значений C. По сей день правильное использование «global state» все еще остается спорным. Многие говорят, что это вредная практика, другие утверждают, что существуют некоторые уникальные ситуации, когда, например, глобальные переменные очень хорошо подходят.

Последнее – выполнение ввода-вывода. Эта часть посвящена сравнению ввода-вывода в чисто функциональных языках и императивных с-подобных языках.

Список литературы: Томас Петричек "О чем мы говорим, когда говорим о монадах".

Examples of monad data structure usage across modern programming languages

Andriychuk V.I.
MAI, Moscow, Russia

There is no secret that all software developers try to simplify their programs, reduce the mass of boilerplate code. The more programming languages developing the more programmers want to see high-level design solutions for different routine activities.

Unstructured program writing with Assembler became more arranged and strict in the following procedural languages like C. There still was the 'goto' operator, but likewise, C has more powerful abstractions like procedures that simplify the writing, debugging, and what is important – reading such programs. After that object-oriented programming rose. Far more powerful abstractions – operate not records or structures, but whole objects that seem to be similar with the program itself.

After object-oriented programming, there was some fuss about garbage collection and namespaces and packages for organising different files of codes. Later with the growth of multithreading systems and not only for this reason programmers get interested in some features from functional programming. Some simple ideas such as lazy execution or immutable variables immediately became popular. Other functional programming elements began to appear later and one of them is the monad. Here we try to define the main reasons why monads became so popular in non-pure-functional programming languages. We going to study essential examples of usage in different languages, compare them to classical imperative programming, and highlight the pros and cons of different approaches.

The main focus of the proposed project to explain how different monads work in modern programming languages, why should one use them, and what the analogs exist. As a result, we want to compare and measure to the extent it is possible two approaches to different tasks – monad-fashioned and imperative one.

The first is the problem with implicit null throwing and handling possibly-nullable values. Lots of modern languages have a null value and hence the problems that arise from it – null pointers and unsafety operations over nullable variables. However, there are also lots of languages that do not have nullable values or restrict usages of such values for instance Kotlin and Rust. The current problem is a real headache for Java developers. Because of that Java 8 introduced a couple of methods represented by Optional in its standard library. We definitely going to give it deserved attention.

The second is computation execution in a multithread environment. Problem with proper dealing with multiple threads concurrently, utilising shared memory blocks, and some asynchronous calculation. To tell the truth concurrency and parallel execution is the cornerstone for the nowadays software. If John Hughes had written his article today he definitely analyses the functional approach in this area.

Common or global state management is the next problem we will cover. This problem stems from the initial concept of C constant values. To the present day, the proper usage of the global state is still controversial. Many say that it's an ugly and harmful practice the others argue that there are some unique and subtle situations when the global variables for example fit very well.

The last is input-output execution. This part is about comparing input-output in purely functional languages and imperative c-like languages.

Bibliography: article by Tomas Petricek 'What we talk about when we talk about monads'.

Разработка элементов информационной системы для автоматизации процессов учебного управления подразделения высшего учебного заведения

Аникеев Г.Л.

МАИ, г. Москва, Россия

Во время быстро развивающихся информационных технологий становится всё более актуально доступное и удобное очное и заочное образование. Всё больше высших учебных заведений используют системы дистанционного обучения (т.н. LMS – от англ. Learning Management System) для предоставления удалённого доступа к университетским курсам в периоды, когда очные занятия не могут быть проведены, в связи с чем открываются широкие возможности цифровизации и автоматизации внутренних процессов учебных заведений.

К числу таких процессов относится управление учебными планами студентов: составление программ курсов, индивидуальных планов преподавателя, а также отслеживание усвоения информации студентами. До сих пор вся эта работа выполняется вручную: в России, по согласованной Министерством Образования программе преподаватель должен составить план учёбы в определённом стандартами формате, затем передать этот план руководству, чтобы отредактировать его с его учётом наличия учебников в библиотеке ВУЗа, составить расписание студентов, принимая во внимание количество учебных часов и формат аттестации. При этом, доступ студентов к планам затруднён, а их формат неудобен для самостоятельного изучения.

Учитывая вышеперечисленное, упрощение процессов учебного управления снизит нагрузку на преподавателей, ускорит административные процессы учебного заведения и откроет новые возможности в сфере самообучения студентов.

Для решения поставленной задачи предлагается информационная система, интегрированная в существующие системы высшего учебного заведения. Прежде всего, она помогает в составлении учебного плана: форматирует документ по ГОСТ, помогает при выборе учебных пособий, получая информацию о книгах в библиотеках и онлайн-хранилищах вуза. Результат отгружается в LMS, где студенты смогут просматривать темы изучаемого курса и сразу понимать, в каких учебниках искать информацию, и в администрацию, где при составлении расписания автоматически учитывается загрузка по каждому предмету. Также, записи онлайн-лекций можно привязать к конкретным темам предмета, и быстро ориентироваться при необходимости освежить знания. Возможны связки разных программ разных предметов – избавление от повторов уже изученных материалов и расположение программ курса так, чтобы эффективно дополнять друг друга. В результате образовательного

процесса может автоматически формироваться ведомость по студентам, где каждому можно наглядно выставить оценку по каждой теме или по курсу в целом.

Development of the information system elements for studying process management automation in higher education institution subdivisions

Anikeev G.L.
MAI, Moscow, Russia

Nowadays, when information systems develop rapidly, there is a need in offline and online education availability and convenience. More and more higher education institutions use Learning Management Systems (LMS) providing remote access to universities' courses through such periods when offline classes cannot be conducted and that opens wide possibilities for institutions inner processes digitalization and automation.

Such processes include managing personal lecturers teaching plans and tracking student progress.

This work is still done by hand: in Russia, teacher writes a plan according to approved by the Ministry of Education program in state standards form; then, this plan is reviewed by an administration and gets corrected if there is a lack of needed textbooks in university library. Then, managers manually create timetables considering the learning hours number of a subject and its attestation format. Students, however, cannot get those plans easily and the format is hard to understand.

Taking everything written earlier into account studying process management simplification reduces teacher's workload, boosts institution administration processes and opens new opportunities in self-education sphere.

I offer a university-integrated information system to solve this problem.

Firstly, it should help teachers while writing a course program: format the document according to standards, help with textbooks searching gathering information about their presence in university off- and online library, and automatically upload to LMS.

Secondly, that provides an opportunity to list studied themes and quickly and conveniently understand where to get information. Recorded online lectures can be tied up to course themes so navigation gets quicker and more convenient.

Thirdly, timetable managers get all the information about courses loads in one centralized place.

Moreover, several courses can be connected together so they could get rid of theme duplication and be placed in a way to complement each other efficiently.

Finally, during the learning process system forms a summary sheet for every student where teacher can transparently rate their progress by theme or on a course in general.

Программная система учета активности учащихся на занятиях

Анкудинова А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Целью работы являлось создание программной системы учета активности учащихся, позволяющей записать учебное занятие, получить обработанную видеозапись с отображением на ней распознанной активности и поведения учащихся и краткий отчет исходя из результатов распознавания.

Основной функционал состоит в следующем: на вход модуля предварительной обработки поступают кадры видеозаписи и параметры обработки записи, установленные пользователем. Затем предварительно обработанные кадры поступают в подсистему распознавания поведения, которая включает в себя алгоритмы детектирования лиц и распознавания эмоций. Найденные лица поступают на вход модуля отслеживания и подсчета объектов в кадре, который в свою очередь передает данные о количестве учеников, их поведении и передвижении в модуль формирования отчета. Результаты обработки демонстрируются пользователю с помощью графического интерфейса.

В качестве детектора лиц были рассмотрены три заранее обученных методы детектирования человеческих лиц: каскады Хаара, HOG+SVM и MMOD CNN. CNN оказалась менее восприимчива к изменениям угла поворота головы и наличию помех рядом с лицом, но в то

же время она оказалась самой медленной. Каскады Хаара быстрее остальных алгоритмов детектировал лица в кадре, но его точность во многом уступала HOG SVM. Поэтому было решено выбрать оптимальный вариант.

В качестве алгоритма распознавания эмоций была разработана и обучена на наборе данных FER2013 свёрточная нейронная сеть. Она способна различать 5 эмоций «грусть», «спокойствие», «гнев», «радость», «удивление». Точность на тестовых данных составила 73%.

В качестве алгоритма отслеживания объектов был выбран алгоритм на основе подсчета расстояния между старыми и новыми объектами для определения совпадения объектов.

После разработки и реализации программной системы было проведено ее структурное и функциональное тестирование.

Структурное тестирование проводилось по методу покрытия всех условий/решений процесса обработки кадра видеозаписи. Оценивалось качество детектирования лиц при различных поворотах головы и при наличии помех у лица(рука), качество распознавания эмоций учащихся, точность отслеживания учащихся в кадре.

Функциональное тестирование проводилось по методу анализа граничных значений и предположения об ошибке. Методом анализа граничных значений оценивалось время обработки видеозаписи в зависимости от количества лиц в аудитории. Методом предположения об ошибке оценивалась корректность взаимодействия графического интерфейса с пользователем и подсистемой обработки кадров.

В настоящее время в планах перенести программную систему в веб-интерфейс, улучшить методы детектирования и распознавания поведения, добавить функционал для анализа полученных данных с видеозаписи. Так же возможно смещение акцента с детектирования активности только учащихся на детектирование активности любой аудитории зрителей.

Литература:

1. Goldberg P., Sümer Ö., Stürmer K. et al. Attentive or Not? Toward a Machine Learning Approach to Assessing Students' Visible Engagement in Classroom Instruction/Educ Psychol Rev – 2021

2. Sun B., Wu Y., Zhao K. et al. Student Class Behavior Dataset: a video dataset for recognizing, detecting, and captioning students' behaviors in classroom scenes/Neural Comput & Applic – 2021

3. Ashwin T.S., Guddeti R.M.R. Impact of inquiry interventions on students in e-learning and classroom environments using affective computing framework/User Model User-Adap Inter – 2020

Software system for recording student activity in the classroom

Ankudinova A.V.

MAI, Moscow, Russia

1. The aim of the project was to create a software system to record student activity, which allows you to record a training session, get a processed video with a display of recognized student activity and behavior and a summary report based on the results of recognition.

The main functionality is as follows: the preprocessing module receives video frames and user-set recording processing parameters. Then the preprocessed frames go to the subsystem of behavior recognition, which includes algorithms for face detection and emotion recognition. Found faces go to the input of the module of tracking and counting objects in the frame, which in turn sends data about the number of students, their behavior and movement to the module of report generation. The results of processing are shown to the user through a graphical interface.

3. Three pre-trained human face detection methods were considered as face detectors: Haar cascades, HOG+SVM and MMOD CNN. CNN proved to be less susceptible to changes in head angle and the presence of interference near the face, but at the same time it was the slowest. Haar's Cascades detected faces in the frame faster than the other algorithms, but its accuracy was in many ways inferior to HOG SVM. Therefore, it was decided to choose the best option.

A convolutional neural network was developed and trained on the FER2013 dataset as an emotion recognition algorithm. It is able to distinguish 5 emotions "sadness", "calm", "anger", "joy", "surprise". The accuracy on the test data was 73%.

An algorithm based on counting the distance between old and new objects was chosen as the object tracking algorithm to determine object matching.

5. After the software system was designed and implemented, structural and functional testing was performed.

Structural testing was performed using the method of covering all conditions/solutions of the video frame processing process. The quality of face detection at different head turns and in the presence of face interference (hand), the quality of recognition of students' emotions, the accuracy of tracking students in the frame were assessed.

Functional testing was conducted using the boundary value analysis and error assumption method. The boundary value analysis method evaluated the processing time of the video recording depending on the number of faces in the classroom. The method of assumption of error was used to evaluate the correctness of interaction between the GUI and the user and the frame processing subsystem.

6. At present, the plan is to move the software system to the web interface, improve methods of detection and behavior recognition, add functionality to analyze the obtained data from the video recording. It is also possible to shift the focus from detecting the activity of only students to detecting the activity of any audience of viewers.

Струйный метод металлизации печатных плат

Бараковский Ф.А., Заикин Н.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

В производстве печатных плат (ПП) процессы металлизации занимают особенно важное место. Для осуществления этих операций разработаны множество методов, но на данный момент большое распространение получили процессы химического и электрохимического меднения, а также прямая металлизация.

Процесс химического меднения используется не менее, чем 90% компаний в России. Это длительный процесс, состоящий из восьми стадий и двенадцати промывок металлизируемых заготовок между ними, реализация процесса требует наличия громоздкой гальванической линии, состоящей как минимум из шести ванн. Их большие объёмы и сложные составы содержащихся в них растворов создают сложности в обслуживании таких линий, а также в контроле состояний растворов.

Прямая металлизация является более перспективной, но ещё недостаточно освоенной в России технологией. Этот процесс состоит из пяти стадий и семи промывок между ними. Тем не менее, описанные для процесса химического меднения недостатки справедливы и для этого процесса тоже. Причиной этого является то, что прямая металлизация так же осуществляется в гальванических линиях.

Независимо от выбранного процесса, этап металлизации ПП занимает значительное место в цикле производства не только в отношении трудоёмкости, но и времени, затраченного на металлизацию.

На каждой стадии процесса металлизации используются сложные и дорогостоящие растворы, некоторые из которых не восстановимы и при потере свойств заменяются новым раствором. Контроль их параметров является одной из главных задач гальванических линий, из-за чего на предприятиях существуют специализированные отделы.

Таким образом, независимо от процесса, само использование гальванических линий имеет ряд недостатков, среди которых:

- Большие физические размеры гальванической линии и вызванные этим затраты на её эксплуатацию.
- Необходимость содержать специализированное отделение для контроля растворов.
- Использование большого объёма растворов ведёт в дальнейшем к соответствующему объёму отходов, что приводит к экологическим проблемам.

Эти недостатки могут быть оправданы для крупносерийного производства, однако это ставит перед мелкосерийным производством ПП серьёзные препятствия. Тем не менее, на данный в России основным типом производителей ПП являются мелкосерийные производства, а чаще, цеха в составе предприятий, в которых производство печатных узлов

являются одной из составных частей основной продукции. По данным отчёта Информационно-аналитического «Центра современной электроники» (ООО «СОВЭЛ») об исследовании российского рынка печатных плат за 2018 год мелкосерийное и единичное производства занимают более половины объёма всего рынка, при этом, мелкосерийное производство преобладает над всеми остальными. Внушительная стоимость современной гальванической линии, а также высокая стоимость растворов приводит к тому, что мелкосерийные предприятия вынуждены приобретать оборудование уже бывшее в употреблении и экономить на используемых растворах, что приводит к ухудшению качества металлизации. Но от её качества зависят способность проводящего рисунка к пайке, эластичность покрытия, его электрические параметры, равномерность осаждённого покрытия и многие другие параметры.

Всё это приводит к тому, что актуальной задачей является поиск новых технологических решений, позволяющих сократить цикл производства ПП при уменьшении его стоимости и уменьшении негативного влияния на окружающую среду.

Jet method of metallization of printed circuit boards

Barakovsky F.A., Zaikin N.D.
MAI, Moscow, Russia

In the production of printed circuit boards (PCBs), metallization processes take an essential place. Various methods have been developed for these operations, but at the moment, the processes of chemical and electrochemical copper plating, as well as direct metallization, have become widespread.

The chemical copper plating process is used by no less than 90% of companies in Russia. This is a long-term process, consisting of eight stages and twelve washes of the metalized workpieces between them, the implementation requires a bulky galvanic line consisting of at least six baths. Therefore, their large compositions are declared in the systems for servicing such lines and in the control of the states of solutions.

Direct metallization is a more promising but insufficiently mastered technology in Russia. This process consists of five stages and seven washes in between. Nevertheless, the disadvantages described for the chemical copper plating process are true for this process as well. The reason for this is that direct metallization is also carried out in galvanic lines.

Regardless of the choice of process, metallization stage.

Complex and expensive solutions are used at the metallization stage. Controlling their parameters is one of the main tasks of galvanic lines, so there are specialized departments at enterprises.

Thus, regardless of the process, the very use of galvanic lines has several disadvantages, including:

- Large physical dimensions of the galvanic line and the resulting operating costs.
- The need for a specialized department for the control of solutions.
- The use of solutions leads to a large volume of waste, which leads to environmental problems.

These shortcomings can be justified for large-scale production, but this poses severe obstacles to the small-scale production of PCBs. Nevertheless, in Russia, the main types of manufacturers are small-scale production. Most often, workshops within enterprises in the production of printed circuit assemblies are one of the constituent parts of the leading products. According to the Information and Analytical "Center for Modern Electronics" report on the study of the Russian market of printed circuit boards for 2018, they occupy more than half of the total market volume, while small-scale production prevails over all other committees. The impressive cast of a modern galvanic line and the high cost of solutions lead to the fact that small-scale enterprises are forced to purchase used equipment and save on solutions, which leads to a deterioration in the quality of metallization. The elasticity of the coating, its electrical parameters, the uniformity of the deposited coating and many other parameters of the coating.

All this leads to the urgent task is to provide new technological solutions that allow shortening the production cycle of PCBs while reducing its cost and reducing the negative impact on the environment.

Разработка отказоустойчивой системы автоматического управления беспилотного преобразуемого летательного аппарата (конвертоплана)

Бибикова К.И., Аполлонов Д.В.
ЦАГИ, г. Жуковский, Россия

Среди беспилотных летательных аппаратов особый интерес представляют БЛА преобразуемого типа (иначе называемые «конвертопланами»), поскольку их можно использовать для реализации сценариев применения, при которых нет возможности обеспечить аэродромное базирование, но при этом необходимо, чтобы БЛА развивал относительно высокие скорости и преодолевал большие расстояния. Главной особенностью конвертоплана является изменение аэродинамической конфигурации в процессе выполнения типовых режимов полета. Именно поэтому основными проблемами, с которыми сталкиваются разработчики системы управления конвертоплана, являются сложность обеспечения устойчивости и управляемости БЛА на переходных режимах, а также разработка единой архитектуры системы управления для всех режимов полета.

В настоящем докладе представлена математическая модель преобразуемого БЛА и предложена архитектура единой для всех режимов полёта системы автоматического управления конвертоплана.

Особенность предложенной архитектуры САУ состоит в том, что структура моделирования динамики состоит из двух этапов. На первом этапе формируются потребные значения управляющих сил и моментов, определяемые отклонениями текущих значений параметров движения и ориентации БЛА от заданных с помощью опорной траектории. На втором этапе, с помощью универсального для всех режимов алгоритма, выполняется вычисление управляющих сигналов, непосредственно изменяющих значения тяг всех двигателей, дифференциального отклонения осей вращения передней пары двигателей для управления по рысканью на режимах малых скоростей, отклонений рулевых поверхностей в каналах тангажа, крена и рысканья. Угол наклона двигателей зависит непосредственно от скорости БЛА.

Избыточность органов управления по сравнению с количеством контролируемых параметров позволяет поставить задачу анализа отказобезопасности системы управления, т.е., рассмотреть возможность обеспечения продолжение управляемого полета после возникновения отказа одного или нескольких исполнительных элементов. Рассматривались два варианта парирования отказов: пассивный, при котором отказы рассматриваются как внешнее возмущение, парирующееся САУ, и активный, при котором происходит реконфигурация системы управления рулями в случае отказа. Предложен критерий оценки управляемости в виде максимального гарантированного углового ускорения, позволяющий сравнивать последствия отказов каждого органа управления.

Для обеспечения «робастности» системы управления за счет использования в ее составе регуляторов, которые обеспечили бы приемлемое качество управления в случае, если объект управления отличается от расчетного или, как в ситуации с отказом отдельных элементов системы, характеристики объекта управления изменяются в процессе эксплуатации, были проанализированы различные подходы к выбору таких регуляторов.

1. Бюшгенс А.Г., Воронин А.Ю., Кувшинов В.М., Леонтьев В.А. - Синтез алгоритмов системы управления беспилотного летательного аппарата типа конвертоплан (2018)

2. Gareth D. Padfield, Helicopter Flight Dynamics Including a Treatment of Tiltrotor Aircraft (3rd Ed. 2018)

3. Koji Muraoka - Transition Flight of Quad Tilt Wing VTOL UAV (2012)

4. Mark E. Dreier, Introduction to Helicopter and Tiltrotor Simulation (2007)

5. Praneet Vayalali - Redistributed Pseudoinverse Control Allocation for Actuator Failure on a Compound Helicopter (2020)

6. Thomas Lombaerts - Nonlinear Dynamic Inversion based Attitude Control for a Hovering Quad Tiltrotor eVTOL Vehicle (2019)

Development of a fault-tolerant automatic control system of an unmanned convertible aerial vehicle (tiltrotor)

Bibikova K.I., Apollonov D.V.
TsAGI, Zhukovsky, Russia

Among unmanned aerial vehicles, the convertible UAVs («tiltrotor») are of particular interest, because they can be used to implement application scenarios in which airfield basing cannot be provided, but it is necessary for UAV to develop relatively high speeds and fly long distances. The main feature of the tiltrotor is aerodynamic configuration conversion during standard flight modes. That is why the main problems faced by tiltrotor control system developers are the complexity of ensuring UAV stability and controllability in transient modes and development of unified control system architecture for all flight modes.

In this report, the convertible UAV mathematical model is presented and tiltrotor unified control system architecture for all flight modes is proposed.

The feature of the proposed ACS architecture is the two-stage structure of dynamics modeling. At the first stage, using the reference trajectory, the required values of control forces and moments are formed, determined by divergence of current values of UAV motion parameters and orientation from the set values. At the second stage, by means of the universal algorithm for all flight modes, control signals are calculated that directly change thrust values of all engines, the differential deflection of rotation axes of the front pair engines for yaw control at low speeds, control surfaces deflection in pitch, roll and yaw. Engine tilt angle directly depends on UAV speed.

Redundancy of controls compared with the number of controlled parameters allows set the task of analyzing control system fail safety, i.e. the possibility to ensure continued controlled flight after failure of one or more executive elements. Two options for counteracting failures were analyzed: passive, when failures are considered an external disturbance compensated by the ACS, and active, when steering control system is reconfigured in the event of failure. A criterion for assessing controllability in the form of maximum guaranteed angular acceleration is proposed, which allows compare failure effects of each control.

Various approaches to the choice of controllers were analyzed to ensure control system robustness through the use of controllers in its composition able to ensure acceptable control quality if the control object differs from the design object, or the control object characteristics change during operation due to failure of individual elements.

Формирование ветродизельной системы энергоснабжения автономного потребителя энергии по критерию «затраты-эффективность»

Бобронников В.Т., Трифонов М.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В Российской Федерации значительное число потребителей электроэнергии (ПЭ) располагаются в удаленных районах и поэтому не могут пользоваться сетевой энергией. В аэрокосмическом комплексе РФ такими потребителями являются малые аэродромы, наземные измерительные пункты, ретрансляторы, другие объекты. Источниками энергии для таких (автономных) ПЭ обычно служат дизельные генераторы (ДГ). В рамках государственной программы «Зеленая энергетика» экологическая эффективность дизельной системы (ДС) энергоснабжения может быть повышена путем создания гибридной ветродизельной системы (ВДС), в которой к ДГ добавляется ветрогенератор (ВГ), аккумуляторная батарея (АБ) и контроллер, управляющий включением/выключением ДГ.

В работе излагается методика формирования ВДС из доступных компонентов с учетом активной мощности устройств ПЭ, характеристик ветра в месте эксплуатации системы, а также функционального, экономического, эксплуатационного и экологического показателей эффективности системы. Для расчета перечисленных показателей разработаны две математические модели: имитационная модель функционирования ВДС и эмпирическая модель стоимости системы. Критерием выбора оптимальных характеристик ВДС является прогнозируемая удельная стоимость 1 кВт·ч энергии, получаемой ПЭ. Другие показатели ограничиваются заданными значениями.

В модели функционирования ВДС учитываются: нелинейная рабочая характеристика ВГ [1], характеристики ветра в месте эксплуатации системы как негауссовского и коррелированного во времени случайного процесса [2], динамика изменения заряда АБ ограниченной емкости во времени, цифровое управление включением/выключением ДГ с помощью контроллера. В модель стоимости системы включены прогнозируемые затраты на приобретение, доставку, развертывание и эксплуатацию системы, в том числе затраты на приобретение и доставку топлива для ДГ, возможная финансовая поддержка государства, экономия затрат путем использования вспомогательной системы утилизации избыточной энергии, вырабатываемой ВГ в продолжительные периоды сильного ветра при полностью заряженной АБ.

Разработан программный комплекс, реализующий предлагаемую методику. Рассмотрен пример формирования ВДС для ПЭ, планирующего создать систему для использования в поселке Диксон, расположенном на севере Красноярского края РФ [3]. Решены задачи анализа и синтеза параметров ВДС. Численные результаты показывают, что проект внедрения ВДС является экономически конкурентоспособным только при условии получения государственной финансовой поддержки и использования вспомогательной системы утилизации избыточной энергии, вырабатываемой ВГ. Методика и реализующий эту методику программный комплекс предназначены для использования в организациях, разрабатывающих ВДС и/или продающих такие системы потребителям, создающим ВДС в различных регионах страны.

Литература:

1. Бобронников В.Т. Математическая модель автономной ветроэнергетической системы с учетом характеристик ветра как коррелированного случайного процесса. «Известия Академии наук РФ. Теория и системы управления». 2013, № 5, с. 114 – 125.

2. Абрамова Т.С., Бобронников В.Т., Кадочникова А.Р. Векторная модель ветра для анализа эффективности автономных ветроэнергетических систем. «Известия Академии наук РФ. Теория и системы управления», 2016, № 3, с. 80-87.

3. Бастрон А.В., Тремясов Н.В. и др. Ветроэнергетика Красноярского края. Красноярск: Красноярский государственный университет, 2015 с. 252.

Formation of a wind-diesel power supply system for an autonomous energy consumer according to the "cost-effectiveness" criterion

Bobronnikov V.T., Trifonov M.V.

MAI, Russia, Russia

In the Russian Federation, a significant number of power consumers (PC) are located in remote areas and cannot use grid energy. In the aerospace complex such consumers are small airfields, ground measuring points, repeaters, and other objects. Energy sources for such (autonomous) PC is usually served by diesel generators (DG). Within the framework of the state program "Green Energy", the environmental efficiency of diesel power supply system (DS) can be increased by creating hybrid wind-diesel system (WDS), in which a wind generator (WG), a battery (AB) and a controller that controls the switching on/off of the DG are added to the DG.

The work describes the technique for formation a WDS from available components, taking into account active loads of PC devices, wind characteristics at the place of the system operation, as well as functional, economic, operational and environmental performance indicators of the system. To calculate the indicators, two mathematical models have been developed: a simulation (Monte Carlo) model of the WDS functional and an empirical system cost model. The predicted unit cost of 1 kWh of power produced by PC is used as an optimization criterion to select the preferable characteristics of the WDS. Other indicators are constrained by the specified values.

The functional model of the WDS takes into account: the nonlinear operating characteristic of the WG [1], the wind characteristics at the place of the WDS operation as a non-Gaussian and time-correlated random process [2], the dynamics of variations in the charge of the AB of limited capacity in time in presence of random wind, digital control of switching on/off the DG using a controller. The cost model includes the predicted costs of purchase, delivery, deployment and maintenance the

system, as well as the costs of purchase and delivery fuel for the DG, possible financial support from the state, cost savings by using an auxiliary system for recycling excess power generated by the WG during prolonged periods of strong wind and a fully charged AB.

A software package has been developed that implements the proposed technique. An example of the formation of a WDS for a PC planning to create a system for use in the village of Dikson, located in the north of the Krasnoyarsk Krai [3], is considered. The analysis and synthesis problems of the WDS parameters were solved. The calculation results show that the WDPS deployment project is economically competitive only if state financial support is received and an auxiliary system for recycling excess power generated by the WG is used. The technique and the software package implementing the technique are intended for use in organizations developing WDS and/or selling such systems to consumers who intend to create WDS in various regions of the country.

Refereces:

1. V. T. Bobronnikov, “Mathematical Model of Stand-Alone Wind Energy Generating System Considering Wind as a Correlated Random Process,” Journal of Computer and Systems Sciences International, vol. 52, no. 5, pp. 783-793, 2013.

2. T. S. Abramova, V. T. Bobronnikov, and A. R. Kadochnikova, “Vector Model of Wind for Performance Analysis of Stand-Alone Wind Power Systems,” Journal of Computer and Systems Sciences International, vol. 55, no. 3, pp. 404-411, 2016.

3. A.V. Bastron, V.A. Tremyasov, at al. “Vetroenergetika Krasnoyarskogo kraya,” Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2015.

Методика измерения электрофизических параметров полупроводниковых пластин сверхбольших интегральных схем

[1]Боровов А.С., [1]Смирнов К.К., [2]Мохов Ю.В.

[1]ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, [2]МАИ, г. Москва, Россия

В докладе рассмотрен этап измерения электрофизических параметров при изготовлении кристаллов на кремниевых пластинах. Обсуждается параметрический монитор на кристалле, методы измерений, применяемые на производстве, вскрываются наиболее существенные недостатки применяемого в данный момент метода измерений. Представлен принципиально новый программный комплекс для измерения электрофизических параметров, позволяющий автоматизировать процесс измерений и существенно сократить время измерений.

Предложенный комплекс позволяет просматривать и изменять интересующие технолога параметры измерений в реальном времени, точнее прослеживать брак на предыдущих операциях и сокращает общую трудоёмкость и время, необходимое на проведение операции измерения электрофизических параметров [1].

В качестве примера в докладе проведено сравнение времени, затраченного на измерения одной и той же пластины с использованием программы, разработанной в системе Keysight VEE и программы, разработанной по предложенной методике. Результаты показали, что использование предложенного комплекса позволяет сократить время проведения операции, то есть ускорить процесс производства полупроводниковых пластин.

[1] Смирнов К. К., Назаров А. В. Аппаратно-программный комплекс автоматизации функционального контроля сверхбольших интегральных схем. Электросвязь, №12. 2017. С.70-76.

Technique for measuring the electrophysical parameters of semiconductor wafers of very large integrated circuits

[1]Borovov A.S., [2]Smirnov K.K., [2]Mohov Yu.V.

[1]SRISA RAS/NIISI, [2]MAI, Moscow, Russia

The report considers the stage of measuring electrophysical parameters in the manufacture of crystals on silicon wafers. The parametric monitor on a chip is discussed, the measurement methods used in production, the most significant drawbacks of the currently used measurement method are revealed. A fundamentally new software package for measuring electrophysical parameters is

presented, which makes it possible to automate the measurement process and significantly reduce the measurement time.

The proposed complex allows you to view and change the measurement parameters of interest to the technologist in real time, to more accurately track the defects in previous operations and reduces the total labor intensity and time required to carry out the operation of measuring the electrophysical parameters [1].

As an example, the report compares the time spent on measurements of the same plate using a program developed in the Keysight VEE system and a program developed according to the proposed method. The results showed that the use of the proposed complex allows to reduce the time of the operation, that is, to speed up the production of semiconductor wafers.

[1] K.K. Smirnov, A.V.Nazarov. Hardware-software complex for automation of functional control of ultra-large integrated circuits. Telecommunication, No. 12. 2017.S. 70-76.

Управление группой подвижных объектов переменного состава

Бортаковский А.С., Ясько Е.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается задача управления группой подвижных объектов на плоскости. Прямолинейное движение каждого объекта происходит с постоянной скоростью. Время поворота пропорционально величине угла поворота. Начальные состояния объектов управления известны. Конечные положения всех объектов совпадают с заданной целью. Предполагается, что на движение группы оказывает влияние один или несколько противников. Каждый противник с заданной частотой уничтожает ближайший к нему объект из попавших в зону его действия, например, в круг заданного радиуса. Требуется найти траектории одновременного достижения цели оставшимися объектами за наименьшее время, то есть решить игровую задачу группового быстродействия.

Поставленная задача является академическим примером планирования маршрутов плоского движения группы беспилотных летательных аппаратов. Модель движения управляемых объектов в прикладных задачах гораздо сложнее предложенной. Для летательных аппаратов, например, часто применяется модель Маркова – Дубинса [1,2, 3]. Актуальность рассматриваемой задачи обусловлена потребностями практики.

Разработан следующий алгоритм решения задачи. Сначала находится оптимальная по быстродействию траектория каждого объекта. Выбирается объект с наибольшим временем достижения цели. Для остальных объектов строятся попадающие траектории с таким же временем достижения цели. Вследствие воздействия противников состав группы меняется. При этом планирование попадающих траекторий выполняется заново. Моделирование движения заканчивается либо уничтожением всей группы, либо достижением цели.

Программная реализация алгоритма выполнена в среде MatLab. Получены решения модельных примеров, показывающие эффективность алгоритма.

Литература:

1. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length with a Constraint on Average Curvature, and with Prescribed Initial and Terminal Positions and Tangents, Amer. J. Math., 1957, vol. 79, no. 3, pp. 497–516.

2. Марков А.А. Некоторые примеры решений специального класса задач на наибольшие и наименьшие количества // Сообщ. Харьковск. мат. общ-ва. 1887. Т.1.

3. Бердышев Ю.И. Об оптимальном по быстродействию управлении обобщенной машиной Дубинса // Тр. ИММ УрО РАН, 2016, том 22, номер 1, С. 26-35.

Control of a group of moving objects of variable composition

Bortakovsky A.S., Yasko E.Yu.
MAI, Moscow, Russia

The problem of control of a group of moving objects on a plane is considered. The rectilinear movement of each object occurs at a constant speed. The turn time is proportional to the turning angle. The initial states of control objects are known. The final positions of all objects coincide with

the given target. It is assumed that the movement of the group is influenced by one or more opponents. Each opponent, with a given frequency, destroys the nearest object from those that fell into its zone of action, for example, in a circle of a given radius. It is required to find the trajectories of the simultaneous achievement of the goal by the remaining objects in the shortest time, that is, to solve the game problem of group performance.

The problem posed is an academic example of planning routes for the flat movement of a group of unmanned aerial vehicles. The model of motion of controlled objects in applied problems is much more complicated than the one proposed. For aircraft, for example, the Markov – Dubins model is often used [1,2,3]. The relevance of the problem under consideration is due to practical requirements.

The following algorithm for solving the problem has been developed. First, the trajectory of each object that is optimal in terms of speed is found. The object with the longest time to reach the goal is selected. For the rest of the objects, getting trajectories are constructed with the same time to reach the goal. Due to the influence of opponents, the composition of the group changes. In this case, the planning of the getting trajectories is performed anew. Simulation of movement ends with either the destruction of the entire group, or the achievement of the goal.

The software implementation of the algorithm is performed in the MatLab. The solutions of model examples showing the efficiency of the algorithm are obtained.

References:

1. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length with a Constraint on Average Curvature, and with Prescribed Initial and Terminal Positions and Tangents, Amer. J. Math., 1957, vol. 79, no. 3, pp. 497-516.

2. Markov A.A. Some examples of solutions of a special class of problems for the largest and smallest quantities // Soobshch. Kharkov. mat. Society. 1887.Vol. 1.

3. Berdyshev Yu.I. On the time-optimal control of a generalized Dubins machine // Tr. IMM UrO RAN, 2016, volume 22, number 1, pp. 26-35.

Оптимизация построения моделей в дополненной реальности по алгоритму Дейкстры

Брель А.О., Брехов О.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Оптимизация построения моделей позволяет повысить производительность системы без увеличения вычислительных мощностей. Алгоритм Дейкстры – это алгоритм поиска кратчайшего пути между двумя различными вершинами графа. Говоря о перспективах применения алгоритма Дейкстры при построении моделей в дополненной реальности необходимо охарактеризовать модели с точки зрения набора данных.

Например, представим модель внешней поверхности Международной космической станции (МКС) в качестве набора данных, необходимых при построении модели. Внешняя поверхность МКС характеризуется модулем, поручнями для перемещения космонавтов, оборудованием, устанавливаемым на поверхности МКС, фиксирующими платами (местами для фиксации электросоединителей) и электросоединителями, которые расположены на МКС. С появлением на МКС нового модуля «Наука», внешняя поверхность МКС также характеризуется манипулятором ERA. Каждую из этих категорий можно объединить в класс данных. Таким образом получим:

- Модули.
- Поручни.
- Оборудование.
- Фиксирующие платы.
- Электросоединители.
- Роботанипулятор ERA.

Класс модулей (М) включает в себя линейные и радиальные размеры модулей, а также взаимное расположение друг относительно друга. Логически связан с классом поручней, оборудования и фиксирующих плат.

Класс поручней (П) содержит линейные размеры поручней, координаты их расположения на модулях МКС и порядковые номера. Логически с вязан с классом оборудования.

Класс оборудования (О) содержит линейные размеры оборудования, координаты их размещения на поручнях и модулях МКС и пояснения о работе с оборудованием.

Класс фиксирующих плат (ФП) содержит линейные размеры фиксирующих плат и координаты их фиксации на модулях МКС. Логически связан с классом электросоединителей.

Класс электросоединителей (Э) содержит линейные размеры электросоединителей, фиксирующие платы, в которых они зафиксированы и пояснения по работе с электросоединителями.

Класс манипулятора ERA (ERA) содержит линейные размеры, углы поворота шарниров руки-манипулятора и точки фиксации манипулятора на МКС. Логически связан с классом модулей.

Реализуя алгоритм Дейкстры при построении модели МКС, пользователь, например, может отыскать модуль, на который установлено оборудование. При этом, благодаря алгоритму Дейкстры, система классы ФП, Э и ERA, которые не несут никакое информации о размещении оборудования, и выстроит поиск через связанный с классом О класс П, перейдя через него к классу М. Такой подход позволит повысит скорость работы системы в целом.

Optimization of the construction of models in augmented reality using Dijkstra's algorithm

Brel A.O., Brekhov O.M.
MAI, Moscow, Russia

Optimization of model building allows you to increase system performance without increasing computing power. Dijkstra's algorithm is an algorithm for finding the shortest path between two different vertices of a graph. Speaking about the prospects of using Dijkstra's algorithm in building models in augmented reality, it is necessary to characterize the models from the point of view of a data set.

For example, let's imagine a model of the outer surface of the International Space Station (ISS) as a set of data needed to build the model. The outer surface of the ISS is characterized by a module, handrails for moving astronauts, equipment installed on the surface of the ISS, fixing boards (places for fixing electrical connectors) and electrical connectors that are located on the ISS. With the appearance of the new module "Science" on the ISS, the outer surface of the ISS is also characterized by the ERA manipulator. Each of these categories can be combined into a data class. Thus we get:

- Modules.
- Handrails.
- Equipment.
- Fixing boards.
- Electrical connectors.
- ERA robot manipulator.

The class of modules (M) includes the linear and radial dimensions of the modules, as well as the relative position of each other. Logically related to the class of handrails, equipment and fixing boards.

The class of handrails (P) contains the linear dimensions of the handrails, the coordinates of their location on the ISS modules and serial numbers. Logically, it is linked to the equipment class.

The equipment class (O) contains the linear dimensions of the equipment, the coordinates of their placement on the handrails and modules of the ISS and explanations about working with the equipment.

The class of fixing boards (FP) contains the linear dimensions of the fixing boards and the coordinates of their fixation on the ISS modules. Logically related to the class of electrical connectors.

The class of electrical connectors (E) contains linear dimensions of electrical connectors, fixing boards in which they are fixed and explanations for working with electrical connectors.

The ERA manipulator class (ERA) contains linear dimensions, rotation angles of the manipulator arm hinges and the fixation points of the manipulator on the ISS. Logically related to the module class.

By implementing Dijkstra's algorithm when constructing the ISS model, the user, for example, can find the module on which the equipment is installed. At the same time, thanks to Dijkstra's algorithm, the system classes FP, E and ERA, which do not carry any information about the placement of equipment, and will build a search through class P associated with class O, passing through it to class M. This approach will increase the speed of the system as a whole.

Разработка человеко-машинного интерфейса системы поддержки принятия решения для задачи 4-D навигации

Будков А.С., Неретин Е.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В современных гражданских самолётах, оснащённых системой самолётовождения, поддерживающей функцию прибытия в заданное время RTA (от англ. Required Time of Arrival) [1], реализация отображения информации, относящейся к функции RTA, как правило, выглядит в виде обособленной страницы [2, 3] в составе ЧМИ системы самолётовождения. На этой странице отображается информация о статусе выполнения задачи RTA в процессе выполнения маршрутного задания.

Функционал системы поддержки принятия решения [4] предполагает решение задачи поиска оптимального четырёхмерного маршрута по четырём разным критериям оптимальности и в дополнение к этому осуществляет непрерывный мониторинг доступности движения по заданному плану полёта в процессе его выполнения, а не ограничен только лишь формированием информации о статусе выполнения функции RTA.

Таким образом, расположение необходимой для принятия решения информации на одной странице интерфейса не является эргономически удобным решением. Помимо этого, при организации ЧМИ необходимо минимизировать количество действий для получения экипажем доступа к необходимой информации. Также для упрощения интеграции ЧМИ в состав комплекса бортового радиоэлектронного оборудования он должен соответствовать [5].

Разработанный графический интерфейс выполнен в виде всплывающего окна, которое может быть интегрировано в существующие ЧМИ системы самолётовождения. Вызов такого окна предпочтительно должен выполняться за одно действие специальной горячей клавишей на пультах управления индикацией, либо нажатием на виртуальную кнопку вызова панели, которая может быть интегрирована в любом месте ЧМИ системы самолётовождения.

Для того чтобы одновременно предоставлять доступ к критически важной информации по статусу и параметрам выполнения активного маршрута, а также минимизировать количество действий экипажем для получения доступа ко всей необходимой информации для принятия решения по задаче RTA ЧМИ системы поддержки принятия решения разделён на две зоны отображаемых данных:

- Зона отображения информации об активном маршруте.
- Зона отображения информационных страниц графического интерфейса.

Зона с информацией об активном маршруте является постоянно отображаемой. В ней с целью информирования экипажа о текущем статусе полёта по активному маршруту выводится актуальная информация о нём.

Зона отображения информационных страниц содержит три страницы:

- Страница отображения текущего статуса полёта по активному маршруту.
- Страница для изменения или установки RTA.
- Страница отображения информации об оптимальных четырёхмерных маршрутах.

Интерфейс обеспечивает взаимодействие экипажа с системой для целей получения необходимой для принятия решения информации, а также обеспечивает своевременное информирование экипажа о возникновении проблем при полёте по четырёхмерному маршруту.

Литература:

1. RTCA/DO-283B «Minimum Operational Performance Standards for Required Navigation Performance for Area Navigation», USA, Washington, 15 December 2015 – 250p.

2. Airbus Group SE 2019 Airbus A350 Flight Crew Operating Manual.

3. The Boeing Company 2010 Boeing 787 Flight Crew Operating Manual.
4. Neretin, E. S., Budkov, A. S., Ivanov, A. S.: Optimal four-dimensional route searching methodology for civil aircrafts. EAI IoTaas 2020- 6th EAI International Conference on IoT as a Service. LNICST, volume 346, pp 462-473
5. ARINC Specification 661-8 «Cockpit display system interfaces to user systems», 20 September, 2020.

Human-machine interface development for a decision support system for solving 4-D navigation problems

Budkov A.S., Neretin E.S.
MAI, Russia, Russia

In modern civil aircraft equipped with a flight management system that supports required time of arrival (RTA) function [1], the implementation of displaying information related to the RTA function, as a rule, looks like a separate page [2, 3] as part of the HMI of the flight management system. This page displays information about the status of the RTA task during the flight.

The functional of the decision support system [4] involves solving the problem of finding an optimal four-dimensional route according to four different optimization criteria and, in addition to this, continuously monitors the availability of traffic according to a given flight plan in the process of its execution, and is not limited only to the formation of information on the status of the RTA function.

Thus, placing the information necessary for making a decision on one page of the interface is not an ergonomically convenient solution. In addition, when organizing an HMI, it is necessary to minimize the number of actions for the crew to gain access to the necessary information. Also, to simplify the integration of the HMI into the airborne electronic equipment complex, it must comply with [5].

The developed graphical interface is made in the form of a pop-up window, which can be integrated into existing HMI of flight management systems. The call of such a window should preferably be performed in one action with a special hot key on the display control panels, or by pressing the virtual button for calling the panel, which can be integrated anywhere in the HMI of the flight management system.

In order to simultaneously provide access to critical information on the status and parameters of the active route, as well as to minimize the number of actions by the crew to gain access to all the necessary information for making a decision on the RTA task, the HMI of the decision support system is divided into two zones of displayed data:

- Zone for displaying information about the active route.
- Zone for displaying information pages of the graphical interface.

The area with information about the active route is always displayed. In order to inform the crew about the current status of the flight along the active route, it displays actual information about it.

The display area of information pages contains three pages:

- Page for displaying the current flight status along the active route.
- Page for changing or installing RTA.
- Page for displaying information about optimal four-dimensional routes.

The interface ensures the interaction of the crew with the system for the purpose of obtaining the information necessary for making a decision, and also ensures the timely informing of the crew about the occurrence of problems during the flight along the four-dimensional route.

References:

1. RTCA/DO-283B «Minimum Operational Performance Standards for Required Navigation Performance for Area Navigation», USA, Washington, 15 December 2015 – 250p.
2. Airbus Group SE 2019 Airbus A350 Flight Crew Operating Manual.
3. The Boeing Company 2010 Boeing 787 Flight Crew Operating Manual.
4. Neretin, E. S., Budkov, A. S., Ivanov, A. S.: Optimal four-dimensional route searching methodology for civil aircrafts. EAI IoTaas 2020- 6th EAI International Conference on IoT as a Service. LNICST, volume 346, pp 462-473

5. ARINC Specification 661-8 «Cockpit display system interfaces to user systems», 20 September, 2020.

Моделирование специализированной вычислительной системы с параллельной обработкой информации

Бузунов Д.С., Звонарёва Г.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время для решения задач специального назначения широко используются распределённые вычислительные системы (ВС), характе-ризующиеся параллельной обработкой информации. Специфика данного класса ВС связана с удаленным расположением узлов системы друг от друга; высокой специализацией отдельных элементов, что определяется решаемыми задачами.

Рассматриваемая система представляет собой специализированную распределённую ВС, предназначенную для сбора и обработки данных. Система состоит из различных удалённых друг от друга узлов: устройств сбора данных и устройства обработки информации. Удалённые устройства сбора данных произ-водят сбор и предварительную обработку данных и отправ-ляют их на устройство обработки информации, где также происходит сбор статистики.

Данная ВС работает под управлением операционной системы реального времени QNX Neutrino, которая обеспечивает её работу в режиме реального времени.

В системе обрабатываются несколько типов задач, обладающих различными приоритетами. Задачи с большим приоритетом имеют преимущество в обслуживании по сравнению с задачами, обладающими меньшим уровнем приоритета. Аппаратные средства ВС поддерживают различные дисциплины приоритизации обслуживания.

Вследствие того, что множество удалённых устройств сбора данных единовременно посылают данные на устройство обработки информации, в системе существует риск возникновения очередей запросов. В связи с этим возникают задачи оценки влияния временных характеристик очередей на работу системы.

Для определения узких мест ВС и получения более детальной информации о её работоспособности проводится математическое моделирование с использованием системы GPSS. При создании модели учитывались аппаратно-программные особенности рассматриваемого класса ВС, что поддерживает её актуальность и позволяет максимально приблизить результаты моделирования к реальным характеристикам системы.

В докладе обсуждаются особенности создания модели, описывающей представленный класс распределённых вычислительных систем. Модель позволяет оценивать влияние таких параметров рабочей нагрузки и структуры, как частота отправки данных и их объём; соотношение количества данных различных классов приоритезации, количество удалённых устройств сбора данных, различные способы обработки приоритезации задач на временные характеристики работы системы.

Modeling of specialized computing system with parallel information processing

Buzunov D.S., Zvonareva G.A.
MAI, Moscow, Russia

Distributed computation systems, characterized by parallel data processing, are widely used today to solve specialized tasks. Specifics of such computation system class are caused by relative placement of system nodes; high specialization of its separate elements, which is defined by their tasks.

The system described in this paper is a distributed computation system, designed for collecting and processing data. The system consists of multiple spatially separated nodes: data collection devices and data processing devices. Data collection devices conduct data harvest and preliminary processing, and send it to the data processing device, where statistics are collected.

This system is operating under real time operating system QNX Neutrino, which provides the ability to work in real time.

Within the system multiple types of tasks are processed, each one having different priority. Tasks with higher priority have advantage in processing order compared to tasks with lover priority. Computation system provides different prioritization disciplines by hardware means.

The system is prone to having task queues, due to the fact that multiple remote data collection devices are sending data to one data processing device. Because of that it is relevant to evaluate the influence that the queues' length has on the system.

To determine bottlenecks within the computation system and to obtain more detailed information about its operation, mathematical modeling of computation systems is conducted using GPSS. During the model's creation its hardware and software features are considered, which supports its relevance and allows to approximate modeling results to the characteristics of the real system as close as possible.

This paper outlays the specifics of creating the model to describe the aforementioned class of distributed computation systems. The model allows to evaluate the influence that various work load and structure parameters have on the system's operation speed. The parameters include: data volume and dispatch frequency; ratio between data volumes of different priority classes; number of remote data collection devices; different methods of processing job prioritization.

Волоконно-оптический метод мониторинга размеростабильности углекомпозитных конструкций космических аппаратов

Бухаров С.В., Астафуров А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

К размеростабильным космическим конструкциям относятся крупногабаритные космические антенны, платформы для размещения высокоточной электронной аппаратуры, корпуса спутниковых телескопов. При эксплуатации заданные размеры конструкций могут недопустимо изменяться под действием факторов окружающей среды, в первую очередь: силовых полей высокоэнергетического излучения и температуры [1]. Размеростабильность конструкции может можно контролировать по уровню и характеру изменения коэффициента линейного термического расширения материалов.

Размеростабильные космические конструкции традиционно изготавливают из углекомпозитов, которые обычно имеют отрицательный КЛТР в направлении армирования и высокие удельные показатели механических свойств. Поэтому задача обеспечения размеростабильности конструкций сводится к управлению коэффициентами линейного термического расширения (КЛТР) углекомпозитов [4].

Мониторинг размеростабильности и работоспособности конструкций в процессе их эксплуатации может осуществляться с помощью интегрированных чувствительных датчиков в структуру композитных материалов, сигнал от которых передаются в систему обработки данных и управления исполнительными механизмами восстановления исходной функциональности конструкций. Система датчиков и управляющие устройства проектируются, настраиваются и программируются с учетом требований к условиям эксплуатации конструкции, свойств базового материала и конструктивно-технологических факторов [2.4].

В качестве датчиков для создания интеллектуальных композитных материалов могут быть применены чувствительные элементы, работающие на различных физических принципах. Выбор типа датчика осуществляется, исходя из критериев физической реализуемости, структурной, химической и механической совместимости с материалом конструкции, а также электромагнитной совместимости с бортовыми приборно-техническими средствами, помехоустойчивости, сохранения работоспособности после воздействия различных эксплуатационных условий. Из опыта создания подобных материалов и конструкций на их основе, установлено, что перечисленным требованиям в большей степени удовлетворяют волоконно-оптические датчики (ВОД) с брэгговской решеткой [2,4].

В настоящей работе анализируются типы, принципы мониторинга геометрических и силовых параметров, опыт и перспективы применения ВОД, встроенных в структуру

материалов конструкций воздушно-космической и наземной эксплуатации. Предложена методика мониторинга размеростабильности углекомпозитных конструкций.

Литература:

1. Г.А. Молодцов, В.Е. Биткин, В.Ф. Симонов и др. Формостабильные и интеллектуальные конструкции из композиционных материалов – М.: Машиностроение, 2000. – 357 с.

2. А.С. Мунько, С.В. Варжель, С.А. Архипов, К.А. Копнов, А.Б. Петров. Разработка чувствительного элемента волоконно-оптического тензометрического датчика на основе решеток Брэгга Изв.вузов. Приборостроение. 2017, т.60, № 4, с.340

3. А.А. Смердов, К.П. Баслык. Возможности управления термическим деформированием космической платформы из углепластика. Механика композиционных материалов и конструкций, 2005, № 1, с. 41–48.

4. А.И. Сидоров, Сенсорная фотоника. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 96 с.

Fiber-optic method for monitoring the dimensional stability of carbon composite structures of spacecraft

Bukharov S.V., Astafurov A.V.

MAI, Moscow, Russia

To dimensionally stable space-based structures these include large-sized space antennas, platforms for placing high-precision electronic equipment, satellite telescope housings. During operation, the specified dimensions of structures can change unacceptably under the influence of environmental factors, primarily: high-energy radiation force fields and temperature [1]. The dimensional stability of the structure can be controlled by its level and nature changes the coefficient of linear thermal expansion of materials.

Dimensionally stable space structures are traditionally made from carbon composites, which usually they have negative CLTE in in this direction high specific indicators of mechanical properties. Therefore, the problem of ensuring the dimensional stability of structures is reduced to controlling the coefficients of linear thermal expansion (CLTE) of carbon composites [4].

Monitoring of the dimensional stability and operability of structures during their operation can be carried out using integrated sensitive sensors in the structure of composite materials, the signal from which is transmitted to the data processing system and control of actuators for restoring the original functionality of structures. The sensor system and control devices are designed, configured and programmed taking into account the requirements for the operating conditions of the structure, the properties of the base material, structural and technological factors, etc. [2, 4].

As sensors for creating intelligent composite materials, sensitive elements operating on various physical principles can be used. The sensor type is selected based on the criteria of physical feasibility, structural, chemical and mechanical compatibility with the construction material, as well as electromagnetic compatibility with onboard instrumentation, noise immunity, corrosion resistance, survivability, and maintenance of operability after exposure to various operating conditions. From the experience of creating such materials and structures based on them, it has been established that fiber-optic sensors (FOS) with a Bragg grating meet the listed requirements to a greater extent [2, 4].

This paper analyzes the types and principles of monitoring geometric and force parameters, experience and prospects for the use of fiber-optic sensors (FOS) integrated in the structure of materials of aerospace and ground-based structures. A methodology for developing monitoring of the dimensional stability of carbon composite structures is proposed.

References:

1. G.A. Molodtsov, V.E. Bitkin, V.F. Simonov, etc. Form-stable and intelligent structures made of composite materials - Moscow: Mashinostroenie, P. 357.

2. Munko A. S., Varzhel S. V., Arkhipov S. V., Petrov A. B. Development of a sensitive element for fiber-optic strain gauge based on a Bragg gratings // Journal of Instrument Engineering. 2017. Vol. 60, N 4. P. 340-346.

3. A.A. Smerdov, K.P. Baslyk. Vozmozhnosti upravlenija termicheskim deformirovaniem kosmicheskoj platformy iz ugleplastika. Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsii. 2005. N 1. P. 41-48.
4. A.I. Sidorov, Sensornaja fotonika. Ucheb. posobie. – SPb: Universitet ITMO, 2019. – 96 s.

Программная оптимизация получения гетерогенных деталей путем 3Д- печати

Вальков В.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В данной работе освещаются дальнейшие результаты экспериментов и исследований, проводившихся в рамках работы по оптимизации и доработке методов применения 3Д-печати и 3Д-моделирования, используемых при проектировании и прототипировании корпусных деталей оптических датчиков.

В проведенных ранее исследованиях одним из наиболее интересных направлений было выделено создание гетерогенных объектов сложной формы путем инкапсулирования готовых элементов в изготавливаемые при помощи 3Д-печати детали непосредственно во время процесса изготовления данных деталей. В ходе исследований была доказана практическая реализуемость инкапсуляции с различными целями, такими как: армирование детали, создание экранирующих вставок от электромагнитных волн, создание различных оптических элементов и иных структур. Наиболее интересными в рассмотрении являются последние два упомянутых варианта.

Опыты показали реализуемость концепции производимой единой деталью оптической кюветы для спекл-интерферометрического датчика загрязненности технических жидкостей. Была также доказана практическая возможность инкапсулирования очень мелких (менее 1см в длину и ширину) стеклянных элементов, образующих вместе оптический путь для лазера.

Помимо этого, высокую перспективность в разработке показал опыт с успешным инкапсулированием в тестовую деталь ленты из аморфного сплава. Это позволяет изготавливать за одну операцию 3Д-печати детали с экранированием от направленного электромагнитного излучения, а также позволяет в дальнейшем получить полностью экранируемые сборные корпуса. Данное исследование имеет высокую актуальность в рамках тематики проектирования и создания при помощи современных средств изготовления различных систем управления, электроники и измерительных систем, основывающихся на слаботочной или чувствительной к электромагнитным наводкам электронике, поскольку создание дешевых и простых экранированных корпусов позволит защитить данные системы и повысить точность их работы.

В ходе исследований был выявлен дополнительный фактор, повышающий перспективность исследований, проводимых по теме исследования и оптимизации алгоритмов управления процессами получения гомогенных и гетерогенных деталей при помощи 3Д-печати.

В ходе проведенных экспериментов были выявлены многие особенности функционирования современных прошивок FDM-принтеров, требующие доработки или компенсации создаваемых неудобств программными средствами.

Данная работа освещает особенности и возможные направления перспективного применения технологии 3Д-печати FDM не только как самостоятельного средства изготовления, но и как часть гибкого и универсального многоступенчатого производственного процесса.

Software optimization of obtaining heterogeneous parts by 3D printing

Valkov V.V.
MAI, Moscow, Russia

This study presents the results of further research and experiments carried out in order to optimize and refine the methods of using 3D modeling and 3D printing for the design and prototyping of body parts for optical sensors.

As a result of previous studies, one of the most promising directions for solving this problem was the creation of heterogeneous objects of complex shapes by encapsulating different elements into

manufactured parts directly during the 3D printing fused deposition modelling process (FDM). The practical feasibility of encapsulation for reinforcement, embedding of screens against electromagnetic interference, creation of various optical schemes and other structures was proved.

Experiments were carried out on 3D modeling and 3D printing of an optical cuvette (cell) for a speckle interferometric sensor for contamination of technical liquids, made of plastic as a single piece together with encapsulated windows made of optical glass. The practical possibility of encapsulating small (less than 1 cm in length and width) glass elements that form the optical path for the laser beam has also been proven.

Due to the need to register weak signals generated at the photodetector by speckle fluctuations, an urgent task is to shield the photodetector and amplifying parts of the sensor from external electromagnetic interference. One of the most promising solutions is the encapsulation of a tape made of a soft magnetic amorphous alloy in the sensor housing. This allows for the production of shielded parts from directional electromagnetic radiation in one 3D printing operation, and also allows you to obtain fully shielded prefabricated housings. This research is relevant for the design and manufacture of instrumentation and control systems based on low-current or sensitive to electromagnetic interference electronics.

In the course of the experiments, were revealed some features of the functioning of modern firmware of FDM printers that require modification or software compensation for difficulties in printing heterogenous products. It is shown that the refinement of the software for 3D modeling and 3D printing processes makes it possible to adapt inexpensive and affordable FDM printers to solve a complex technological problem of 3D printing with encapsulation of different functional elements.

Обобщенная вероятностная модель надежности операции сверления печатных плат

Ванцов С.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В конструкции печатных плат имеются два вида отверстий: монтажные и переходные. Первые используются для монтажа штырьевых элементов, вторые – для образования трансверсальных соединений в многослойных печатных платах. И те, и другие получают в подавляющем большинстве случаев путем сверления. При этом, если для монтажных отверстий критическим параметром качества технологической операции является величина шероховатости внутренней поверхности отверстий, то для переходных отверстий таким параметром является точность совмещения контактных площадок на слоях платы.

Ключевым моментом для определения количественных характеристик надежности является понятие отказа технологической операции. Под отказом технологической операции будем понимать потерю способности обеспечивать качество изготавливаемых плат в соответствии с требованиями технической документации. Отказ – это случайное событие, возникающее под влиянием ряда случайных факторов. Для установления факта отказа операции на практике используются различного рода контролируемые параметры.

В первом случае контролируемым параметром, определяющим качество технологической операции, является степень нагрева вершины сверла.

Во втором случае отсутствует объективный контролируемый параметр качества. Возникновение отказа технологической операции будет определяться двумя независимыми факторами: деформацией слоев платы и уводами сверла от вертикали из-за малой его жесткости.

Вместе с тем в обоих случаях возможным является построение вероятностной модели возникновения отказов.

Объединение модели для технологически различных операций сверления базируется на том факте, что в обоих случаях отверстия получают в стеклотекстолите, твердость участков которого носит случайный характер. Поэтому можно утверждать, что при переходе от отверстия к отверстию степень нагрева сверла в цикле резания также носит случайный характер. Это же утверждение справедливо и для операции получения переходных отверстий: степень деформации участков, т.е. величина несовпадения контактных площадок на различных слоях, и степень увода сверла случайны.

Практика показывает, что все эти факторы при анализе их изменения по времени имеют нормальный мгновенный закон распределения. Это позволят рассчитать вероятность возникновения отказа технологической операции исходя из моментов достижения совокупность распределения факторов по ансамблю заранее заданных по техническим условиям критических величин. Расчеты показывают, что вероятность возникновения таких моментов подчиняется асимметричному нормальному распределению. Степень асимметрии определяется конкретными параметрами материалов платы, инструмента и режимов технологической операции.

Использование построенной обобщенной модели позволяет снизить процент брака при изготовлении печатных плат.

Generalized probabilistic model of reliability of PCB drilling process

Vancov S.V.
MAI, Moscow, Russia

There are two types of holes in the design of printed circuit boards: mounting and transition. The former is used for mounting pin elements, the latter for forming transversal connections in multilayer printed circuit boards. Both are obtained in most cases by drilling. At the same time, if for mounting holes the critical parameter of the quality of the technological operation is the amount of roughness of the inner surface of the holes, then for transition holes such a parameter is the accuracy of the alignment of the contact pads on the layers of the board.

The key point for determining the quantitative characteristics of reliability is the concept of failure of a technological operation. Under the failure of a technological operation, we will understand the loss of the ability to ensure the quality of manufactured boards in accordance with the requirements of technical documentation. Failure is a random event that occurs under the influence of several random factors. In practice, various kinds of controlled parameters are used to establish the fact of operation failure.

In the first case, the controlled parameter that determines the quality of the technological operation is the degree of heating of the drill tip.

In the second case, there is no objective controlled quality parameter. The occurrence of a failure of a technological operation will be determined by two independent factors: the deformation of the board layers and the removal of the drill from the vertical due to its low rigidity.

At the same time, in both cases, it is possible to build a probabilistic model of the occurrence of failures.

The combination of the model for technologically different drilling operations is because in both cases the holes are obtained in fiberglass, the hardness of the sections of which is random. Therefore, it can be argued that during the transition from hole to hole, the degree of heating of the drill in the cutting cycle is also random. The same statement is also true for the operation of obtaining transition holes: the degree of deformation of the sections, i.e. the amount of mismatch of the contact pads on different layers, and the degree of removal of the drill are random.

Practice shows that all these factors, when analyzing their changes over time, have a normal instantaneous distribution law. This will allow us to calculate the probability of a failure of a technological operation based on the moments of achieving a set of factors distribution over an ensemble of critical values predetermined by technical conditions. Calculations show that the probability of such moments obeys an asymmetric normal distribution. The degree of asymmetry is determined by the specific parameters of the materials of the board, the tool and the modes of the technological operation.

The use of the constructed generalized model allows to reduce the percentage of defects in the manufacture of printed circuit boards.

Анализ влияния линейного ускорения на рамочный МОЭМ-преобразователь угловых скоростей на основе оптического туннельного эффекта

Васецкий С.О., Бусурин В.И., Чжи П.Л.
МАИ, г. Москва, Россия

Важной частью систем навигации и управления движением летательных аппаратов являются преобразователи угловой скорости. Известные микро-опто-электромеханические (МОЭМ) преобразователи угловой скорости на основе оптического туннельного эффекта (ОТЭ) характеризуются высокой разрешающей способностью, низкой температурной погрешностью, высокой помехозащищенностью [1].

Чувствительный элемент (ЧЭ) преобразователя, закрепленный на упругих подвесах, имеет несколько видов колебаний: первичные и вторичные. Первичные колебания возбуждаются с помощью сил электростатического привода гребенчатого типа. При воздействии угловой скорости на ЧЭ, возникает сила Кориолиса и создает вторичные колебания. Для измерения значений амплитуды вторичных колебаний порядка сотен нанометров использовано два узла оптического считывания, основанных на ОТЭ.

Информация об угловой скорости определяется за счет переменного зазора между узлом оптического считывания и ЧЭ, вызываемого вторичными колебаниями. Выходным напряжением рамочного МОЭМ-преобразователя, после измеренной угловой скорости, будет являться разность напряжений двух преобразователей «ток-напряжение», которые формируют выходной сигнал с узлов оптического считывания на блок обработки.

Одним из факторов, влияющих на измерение угловых скоростей рамочным МОЭМ-преобразователем, является линейное ускорение. Проведено моделирования выходного напряжения рамочного преобразователя при воздействии линейного ускорения $a = 10g$ для следующих параметров: начальный зазор $d = 850$ нм, между ЧЭ и узлами оптического считывания, длины волны оптического излучения $\lambda = 1550$ нм, угла падения $\theta = 45^{\circ}$ и мощность источника излучения $P = 2$ мВт.

Результаты моделирования функции преобразования показывает, что влияние линейного ускорения, при использовании двух узлов оптического считывания и дифференциальной схемы съема, не превышает 0,12% для измерения угловой скорости в диапазоне от -360 до 360°/с.

Литература:

1. V. I. Busurin, M. A. Zheglov, R. P. Bulychev, and Zaw Lwin Htoo , "Rotary angular velocity transducer with optical information sensing", AIP Conference Proceedings 2318, 130003 (2021) https://doi.org/10.1063/5.0036294

Analysis of the influence of linear acceleration on a frame MOEM-transducer of angular velocities based on the optical tunneling effect

Vasetskiy S.O., Busurin V.I., Kyi P.L.
MAI, Moscow, Russia

Angular rate converters are an important part of navigation and aircraft motion control systems. The well-known micro-opto-electromechanical (MOEM) angular velocity converters based on the optical tunneling effect (OTE) are characterized by high resolution, low temperature error, high noise immunity [1].

The sensitive element (SE) of the transducer, fixed on elastic suspensions, has several modes of vibration: primary and secondary. The primary vibrations are excited by the forces of an electrostatic comb-type drive. When the angular velocity acts on the SE, the Coriolis force appears and creates secondary oscillations. To measure the values of the amplitude of secondary vibrations of the order of hundreds of nanometers, two optical readout units based on OTE were used.

Information about the angular velocity is determined due to the variable gap between the optical readout unit and the SE, caused by secondary vibrations. The output voltage of the MOEM-frame transducer, after the measured angular velocity, will be the voltage difference between the two "current-voltage" converters, which generate the output signal from the optical readout units to the processing unit.

Linear acceleration is one of the factors affecting the measurement of angular velocities with a frame MOEM transducer. The simulation of the output voltage of the frame converter under the action of linear acceleration a = 10g for the following parameters: initial gap d = 850 nm, between the SE and optical readout units, wavelength of optical radiation λ = 1550 nm, angle of incidence θ = 45˚ and power of the radiation source P = 2 mW.

The results of modeling the conversion function show that the effect of linear acceleration, when using two optical sensing units and a differential pickup scheme, does not exceed 0.12% for measuring the angular velocity in the range from -360 to 360 ° / s.

References:

1. V. I. Busurin, M. A. Zheglov, R. P. Bulychev, and Zaw Lwin Htoo , "Rotary angular velocity transducer with optical information sensing", AIP Conference Proceedings 2318, 130003 (2021) https://doi.org/10.1063/5.0036294

Современные средства и механизмы балансировки запросов

Василенко Е.А.

МАИ, г. Москва, Россия

С развитием интернета и увеличением количества пользователей всё чаще стала возникать проблема – сервисы обрабатывающие наиболее часто вызываемые компоненты web-приложений не справлялись с нагрузкой и «падали». Есть два решения – увеличивать пропускную способность сервисов, чтобы они могли выдерживать такой поток данных, либо прибегать к балансировке, или выравниванию нагрузки – комплексу средств, распределяющих запросы на несколько экземпляров необходимого компонента. Если первый вариант требует иногда больших затрат на изменение и переработку архитектуры сервиса, то второй относительно прост, и решается рядом уже готовых механизмов, о которых будет рассказано ниже.

Балансировка запросов может осуществляться программно или аппаратно на разных уровнях, соответствующих следующим уровням модели OSI: сетевому, транспортному и прикладному. От её качества зависят равномерность использования ресурсов внутри кластера, обеспечение корректного резервирования ресурсов, отказоустойчивость. Все описанные выше уровни балансировки решают свои наборы задач, и могут совместно применяться в рамках одной архитектуры.

Балансировка на сетевом уровне предполагает, что за один конкретный IP адрес сервера отвечают разные физические машины. Это может быть достигнуто разными средствами – при помощи самой обычной DNS балансировки, когда на одно доменное имя выделяется несколько IP адресов, построением NLB кластера, в котором разные сервисы выполняют роль входных и вычислительных узлов, и так далее.

Транспортная балансировка является самой простой в реализации из всех. Запросы клиентов направляются в балансировщик, который перенаправляет их к конкретному сервису, который займётся обработкой. Обычно при этом общение с клиентом замыкается на балансировщике, который так же выполняет роль proxy, а информацию о клиенте передаёт в дополнительных данных и заголовках. По такому принципу работает, к примеру, HAProxy – популярный программный балансировщик запросов.

При балансировке на прикладном уровне клиентские запросы анализируются балансировщиком, работающим по принципу “smart-proxy”, и перенаправляются на разные сервисы в зависимости от требуемого контента. Для таких целей часто используется web-сервер Nginx с подключённым модулем Upstream.

На сегодняшний день существует огромное количество механизмов балансировки, которые могут применяться как отдельно, так и в связке с другими, обеспечивая требуемую надёжность и отказоустойчивость, и разрабатываются всё новые и новые решения.

Modern tools and mechanisms for balancing requests

Vasilenko E.A.
MAI, Moscow, Russia

With the development of the Internet and an increase in the number of users, a problem began to arise more and more often – the services processing the most frequently called components of web applications could not cope with the load and "fell". There are two solutions – to increase the throughput of services so that they can withstand such a data flow, or to resort to balancing or load balancing – a set of tools that distribute requests to several instances of the necessary component. If the first option sometimes requires large costs for changing and reworking the architecture of the service, then the second is relatively simple, and is solved by a number of ready-made mechanisms, which will be discussed below.

Request balancing can be performed programmatically or hardware at different levels corresponding to the following levels of the OSI model: network, transport and application. The uniformity of resource usage within the cluster, ensuring correct resource reservation, and fault tolerance depend on its quality. All the balancing levels described above solve their own sets of tasks, and can be used together within the same architecture.

Balancing at the network level assumes that different physical machines are responsible for one specific IP address of the server. This can be achieved by various means – using the most common DNS balancing, when several IP addresses are allocated to one domain name, building an NLB cluster in which different services act as input and computing nodes, and so on.

Transport balancing is the easiest to implement of all. Customer requests are sent to the load balancer, which redirects them to a specific service that will handle the processing. Usually, communication with the client is closed to the load balancer, which also performs the role of a proxy, and transmits information about the client in additional data and headers. For example, HAProxy, a popular software query balancer, works on this principle.

When balancing at the application level, client requests are analyzed by a load balancer operating on the “smart-proxy" principle and redirected to different services depending on the required content. For such purposes, an Nginx web server with an Upstream module is often used.

To date, there are a huge number of balancing mechanisms that can be used both separately and in conjunction with others, providing the required reliability and fault tolerance, and more and more new solutions are being developed.

Система предупреждения столкновений для БЛА в общем воздушном пространстве

Веремеенко К.К., Кошелев Б.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальной задачей современной авиации является безопасное обеспечение полетов беспилотных авиационных систем в общем воздушном пространстве, правила использования которого строго регламентированы. Для пилотируемой авиации разработаны соответствующие технические средства и процедуры полетов в контролируемом воздушном пространстве. Развивающиеся беспилотные системы должны вписаться в него без снижения уровня безопасности полетов для все пользователей воздушного пространства [1].

Одним из основных устройств, обеспечивающих безопасное самолетовождение в пилотируемой авиации, является система предупреждения столкновений (СПС) в воздухе, в задачу которой входит своевременное оповещение экипажа об опасном сближении с другими воздушными судами. Аналогичные по функциям системы должны быть и на борту БПЛА для своевременной выдачи соответствующих команд бортовым системам об опасности столкновений. Использование существующих СПС на борту БПЛА вряд ли возможно в общем случае в силу ограничений по массе, габаритам, энергопортеблению и иным причинам. В этой связи встает задача разработки общего облика такой системы, ее состава и структуры, алгоритмического обеспечения.

Целью доклада является обоснование состава и структуры системы предупреждения столкновений БПЛА в воздушном пространстве с учетом возможных ограничений и

требований, а также разработка ее алгоритмов в части информационного обеспечения, необходимого для совершения безопасного полета.

Состав СПС с учетом перечисленных выше ограничений должен включать малогабаритные датчики и системы на их основе. Информационным ядром, определяющим навигационные параметры полета, должна быть малогабаритная бесплатформенная инерциальная навигационная система, корректируемая от различных бортовых систем, подключающихся на различных этапах полета. В докладе приводится структура бортового навигационного комплекса (БНК), включающего и функцию СПС.

Значительное внимание в докладе уделено вопросам оптимальной обработки информации в БНК. Представлены алгоритмы оценивания вектора состояния БПЛА на основе оптимального фильтра Калмана высокого порядка с функцией контроля целостности навигационной информации.

Проведен анализ влияния инструментальных ошибок датчиков БНК на ошибку формирования зон оповещения СПС. Эта задача является одной из чрезвычайно важных для таких систем на борту БПЛА, т.к. датчики в составе систем БПЛА существенно грубее, чем в системах пилотируемых воздушных судов.

В заключении сделан вывод о допустимых уровнях инструментальных ошибок датчиков БНК для формирования безопасных границ оповещения.

Литература:

1. Алешин Б.С., Веремеенко К.К., Кошелев Б.В. и др. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черномормкого - М.: Физматлит, 2006ю - 424 с. - ISBN5-9221-0735-6.

Collision avoidance system for UAVs in common airspace

Veremeenko K.K., Koshelev B.V.
MAI, Moscow, Russia

The urgent task of modern aviation is the safe provision of flights of unmanned aerial systems in the common airspace, the rules for the use of which are strictly regulated. For manned aircraft, appropriate technical means and procedures for flying in controlled airspace have been developed. Developing unmanned systems must fit into it without compromising the level of safety for all airspace users [1].

One of the main devices that ensure safe navigation in manned aviation is the airborne traffic collision avoidance system (TCAS), the task of which is to promptly notify the crew of a dangerous approach with other aircraft. Systems with similar functions should be on board the UAV for the timely issuance of appropriate commands to the onboard systems about the danger of collisions. The use of the existing TCAS on board the UAV is hardly possible in the general case due to restrictions on weight, dimensions, energy consumption, and other reasons. In this regard, the problem arises of developing the general appearance of such a system, its composition and structure, and algorithmic support.

The purpose of the report is to substantiate the composition and structure of the UAV traffic collision avoidance system in the airspace, taking into account possible restrictions and requirements, as well as the development of its algorithms in terms of information support necessary for a safe flight.

The composition of the TCAS, taking into account the above restrictions, should include small-sized sensors and systems based on them. The information core that determines the navigation parameters of the flight should be a small-sized strapdown inertial navigation system, which can be adjusted from various onboard systems that are connected at different stages of the flight. The report contains the structure of the airborne navigation complex (ANC), which also includes the TCAS function. [1].

Considerable attention is paid to the issues of optimal information processing in the ANC. Algorithms for estimating the UAV state vector based on the optimal high-order Kalman filter with the function of integrity monitoring of navigation information are presented. The analysis of the influence of instrumental errors of the ANC sensors on the error in the formation of the TCAS

warning zones is carried out. This task is one of the extremely important for such systems on board the UAV, because the sensors in the UAV systems are significantly coarser than in the systems of manned aircraft.

A conclusion is made about the permissible levels of instrumental errors of the ANC sensors for the formation of safe boundaries of the notification.

References:

1. Aleshin B.S., Veremeenko K.K., Koshelev B.V. and other Orientation and navigation of mobile objects: modern information technologies / ed. B.S. Aleshina, K.K. Veremeenko, A.I. Chernomormky - Moscow: Fizmatlit, 2006yu - 424 p. - ISBN5-9221-0735-6.

Разработка системы сериализации/десериализации данных, для взаимодействия между управляемым и неуправляемым кодом в распределенных системах

Владимиров А.А., Лысов Г.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Важной задачей для обеспечения взаимодействия между сервисами. является выбор корректного протокола обмена данными. Наиболее популярными на сегодняшний день являются gRPC и protobuf.

Особенностями данных протоколов является свой формат передачи сообщений между различными конечными точками (в нашем случае сервисами). Это означает, что необходимы лишние вычислительные мощности для препроцессинга данных, так же является трудным производить оптимизации сообщений, поскольку формат будет определен исходным протоколом передачи.

Однако в случае взаимодействия управляемого (.NET) и неуправляемого (C++) кода можно достичь увеличения производительности и отказаться от лишних зависимостей, используя нативные методы взаимодействия, предусмотренные платформой .NET и языком C++. При этом будет достигнуто следующее:

1. Минимальный размер передаваемого объекта.
2. Возможность обертки цикличных зависимостей (структур).
3. Возможность ленивой инициализации (позднего связывания).

Литература:

1. Троелсен Э., Джепикс Ф. Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET Core. 8 изд. – М.: Вильямс, 2018 – 1316 с.
2. Голдштейн, С. Оптимизация приложений на платформе .NET с использованием языка C# – М.: ДМК Пресс, 2012 – 514 с.
3. Липпман Стенли Б., Му Барбара Э., Лажойе Жози Язык программирования C++. Базовый курс. 5-е издание изд. –М.: Вильямс, 2018 – 1120 с.
4. Сборка мусора. [электронный ресурс] – URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/garb.. (дата обращения 01.03.2021) - Текст: электронный
5. Маршалинг типов. [электронный ресурс] – URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/nati.. (дата обращения 01.03.2021) - Текст: электронный
6. Маршалинг классов, структур и объединений. [электронный ресурс] – URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/int.. (дата обращения 02.03.2021) - Текст: электронный

Development of a data serialization/deserialization system for interaction between managed and unmanaged code in distributed systems

Vladimirov A.A., Lysov G.V.

MAI, Moscow, Russia

An important task for ensuring interaction between services. it is the choice of the correct data exchange protocol. The most popular today are gRPC and protobuf.

The features of these protocols are their own format for transmitting messages between different endpoints (in our case, services). This means that extra computing power is needed for data

preprocessing, and it is also difficult to optimize messages, since the format will be determined by the original transmission protocol.

However, in the case of interaction between managed (.NET) and unmanaged (C++) code, it is possible to achieve an increase in performance and eliminate unnecessary dependencies using native interaction methods provided by the platform .NET and C++. This will achieve the following:

1. Minimum size of the transferred object.
2. The possibility of wrapping cyclic dependencies (structures).
3. The possibility of lazy initialization (late binding).

References:

1. Troelsen E., Jepiks F. C# 7 programming language and platforms .NET and .NET Core. 8th ed. - Moscow: Williams, 2018 - 1316 p.

2. Goldstein, S. Optimization of applications on the platform.NET using the C# language - Moscow: DMK Press, 2012 - 514 p.

3. Lippman Stanley B., Mu Barbara E., Lajoie Josi Programming language C++. Basic course. 5th edition ed. -M.: Williams, 2018 - 1120 p.

4. Garbage collection. [electronic resource] - URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/garb .. (accessed 01.03.2021) - Text: electronic

5. Marshaling types. [electronic resource] - URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/nati .. (accessed 01.03.2021) - Text: electronic

6. Marshaling of classes, structures and associations. [electronic resource] - URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/int .. (accessed 02.03.2021) - Text: electronic

Перспективные технологии оптимизации профиля полёта с использованием систем CNS/ATM в зонах Free Flight

Волков Д.А., Веремеенко К.К.

МАИ, г. Москва, Россия

Одной из важнейших задач современной пилотируемой авиации является повышение регулярности, безопасности и экологичности полетов авиалайнеров [1]. Для успешного решения этой задачи необходимо быстрое формирование профиля полета с динамическим пересчётом параметров его оптимизации согласно модели оптимизации [2,3,4]. В настоящее время (в большинстве случаев) ведущими авиастроительными компаниями совместно со службами УВД эта задача решается посредством предполётного расчета профиля по накладываемым на всю траекторию критериям оптимизации [5]. Предполагается внедрение ряда перспективных технологий, реализуемых прежде всего в зонах Free Flight, применение которых подразумевает использование систем CNS/ATM [6] и основано на интеллектуальных технологиях. Целью доклада является ознакомление специалистов с современными и перспективными подходами к оптимизации формирования профиля полета авиалайнера.

В докладе рассмотрены варианты машинного расчёта профиля полета авиалайнера с учетом нескольких критериев оптимизации при возможности назначения различных критериев для характерных участков маршрута. Для решения задач оптимизации вертикального полета ЛА в перспективных методах принято разбиение схемы планируемых полетов с определением их этапов и участков, характеризуемых определенными параметрами движения. Это необходимо для определения возможного к применению критерия оптимизации параметров движения ЛА [7]. Отдельно отмечается, что целесообразность применения критерия рассчитывается из совокупности условий выполнения полёта, но принятие окончательного решения об утверждении того или иного режима осуществляет пилот.

Приводится краткое описание критериев оптимизации. Анализируется рациональность и возможность применения различных критериев при различных лётных условиях и на различных участках полёта. Показана возможность многокритериальной оптимизации путём комбинации критериев оптимизации, проведён анализ быстродействия и эффективности алгоритмического обеспечения на основе ИИ и НС для реализации программ выдерживания профилей в соответствии с критериями. Демонстрируется эффективность этих подходов в связи с особенностями и возможностями нового воздушного пространства в условиях

широкого внедрения технологий CNS/ATM и Free Flight. Результаты анализа подтверждаются имитационным моделированием. Приводятся выводы об эффективности новых технологий и оптимизационных процедур.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер темы – FSFF-2020-0015.

Литература:

1. Казаков В.А. Системы CNS/ATM: учебное пособие. Ульяновск: УВАУ ГА, 2008 г. 2-е изд., перераб. и доп., 103 с.

2. Бережной Д.А., многокритериальность в задаче оптимизации профиля полёта авиалайнера, АиК - 2017. Тезисы. МАИ (НИУ). 2017, С. 144-145.

3. Doc 9750-AN/963. Издание пятое – 2016, ICAO.

4. Doc 9993-AN/495 Russian. Издание пятое – 2013, ICAO.

5. Лунев Е.М., Неретин Е.С., Будков А.С., Разработка и исследование модели траекторного управления самолётом при полёте по маршрутам четырёхмерной зональной навигации, Труды МАИ. Выпуск № 95.

6. В.В. Бочкарев, В.Ф. Кравцов и др. Концепция и системы CNS/ATM в гражданской авиации. Под ред. Г.А. Крыжановского. – М.: Академкнига, 2003 г.

7. D. A. Volkov, "Multicriteria Model for Optimizing the Vertical Flight Profile of a Medium-Haul Airliner," 2020 27th Saint Petersburg ICINS, 2020, pp. 1-4, doi: 10.23919/ICINS43215.2020.9133803.

Advanced technologies for optimizing the flight profile using CNS / ATM systems in Free Flight zones

Volkov D.A., Veremeenko K.K.

MAI, Moscow, Russia

One most important modern manned aviation's tasks improve the regularity, safety and environmental friendliness of aircraft flights [1]. To successfully solve this problem, it's necessary to quickly form flight profile with a dynamic recalc. optimization parameters according to the optimization model [2,3,4]. At present the leading aircraft manufacturing companies, together with the ATC services, solve this problem by means of pre-flight profile calculation according to the optimization criteria imposed on the entire trajectory [5]. It is planned to introduce a number of promising technologies, implemented primarily in the Free Flight zones, the use of which implies the use of CNS/ATM systems [6] and is based on intell. tech. The purpose of the report is to familiarize specialists with modern and promising approaches to optimizing the formation of an airliner flight profile.

The report discusses the options for machine calculation of the flight profile of an airliner, taking into account several optimization criteria, with the possibility of assigning different criteria for the characteristic sections of the route. To solve the problems of optimization of the vertical flight of aircraft in perspective methods, it's accepted to divide the scheme of planned flights with the definition of their stages and sections, characterized by certain motion parameters. It's necessary to determine the possible criterion for optimization motion parameters [7]. Separately, it's noted that the expediency of applying the criterion is calculated from the totality of flight conditions, but the pilot makes the final decision on approving a particular mode.

The rationality and the possibility of applying various criteria under different flight conditions and at different flight stages are analyzed. The possibility of multi-criteria optimization by combining criteria is shown, an analysis of the speed and efficiency of algorithmic support based on AI and NN for the implementation of programs for maintaining profiles in accordance with the criteria is carried out. The effectiveness of these approaches is demonstrated in connection with the features and capabilities of the new airspace in the context of the widespread introduction of CNS/ATM and Free Flight. The analysis results are confirmed by simulation modeling. Conclusions are given on the effectiveness of new technologies and optimization procedures.

The work was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, topic number – FSFF-2020-0015.

References:
1. Kazakov V.A. CNS/ATM Systems: A Study Guide. Ulyanovsk: UVAU GA, 2008 2nd ed., Revised. and add., 103 p.
2. Berezhnoy D.A., multicriteria in the problem of optim. the flight profile of an airliner, A&K - 2017. Abstr. MAI (NRU). 2017, pp. 144-145.
3. Doc 9750-AN / 963. Fifth edition - 2016, ICAO.
4. Doc 9993-AN / 495 Russian. Fifth edition - 2013, ICAO.
5. Lunev EM et al. Devel. and res. of a model of traj. control of an aircraft when flying along four-dimensional zone navigation routes, Proceedings of the MAI. Issue No. 95.
6. V.V. Bochkarev et al. Concept and CNS / ATM systems in civil aviation. Ed. G.A. Kryzhanovsky. - M .: Akademkniga, 2003
7. D. A. Volkov, "Multicriteria Model for Optimizing the Vertical Flight Profile of a Medium-Haul Airliner," 2020 27th Saint Petersburg ICINS, 2020, pp. 1-4, doi: 10.23919 / ICINS43215.2020.9133803.

Система управления посадкой ЛА на взлетно-посадочную установку, расположенную на подвижном носителе

[1]Гагарский В.С., [2]Санин Р.А., [2]Готовцев А.Г.
[1]ООО «Автономные системы», [2]БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

В работе представлено описание функционала основных элементов специальной системы, реализующей алгоритм взлета/посадки ЛА вертикального взлета и посадки на взлетно-посадочную установку (ВПУ), базирующуюся на подвижном носителе. Алгоритм работы системы построен на основе взаимодействия ЛА и ВПУ посредством специальных фоторезисторных сенсорных панелей и лазерных излучателей. Функционал алгоритма предполагает возможность посадки в условиях подвижности носителя, в результате возможной качки, или неровностей дороги, а также дополнительно, в условиях возможных ветровых возмущений ЛА во время взлета и посадки. Алгоритм обрабатывает информацию о взаимном пространственном положении двух объектов ЛА и стола ВПУ. Особенностью алгоритма является одновременное управление, как ЛА, так и столом ВПУ.

В состав ВПУ входит механическая система стабилизации положения взлетно-посадочного стола ВПУ (следящий привод). Механизация системы стабилизации стола построена на базе модификации известной схемы замкнутой пространственной цепи – платформе Стюарта (гексапод). Модификация гексапода заключается в совмещении двух механизмов его пространственного движения: первый – изменение длины ног гексапода, и второй – перемещение верхних и нижних опорных кареток крепления ног гексапода. Указанные движения обеспечиваются дополнительными актуаторами, повышающими число степеней свободы всего механизма. Это приводит к возможности увеличения диапазона (линейных и угловых) ходов гексапода, а также к увеличению динамических характеристик движения взлетно-посадочного стола и повышению общей оценки надежности.

Алгоритм управления построен на данных, получаемых как результат регистрации взаимодействия лазерных лучей и специальных фоторезисторных панелей установленных, как на ЛА, так и на столе ВПУ. Анализ координат расположения фоторезисторных датчиков на сенсорной панели, осуществивших регистрацию взаимодействия с лазерным лучом, позволяет алгоритму управления производит расчет геометрии относительного пространственного положения двух объектов и формировать команды управления на исполнительные привода механизации платформы (гексапода) и органы управления ЛА. В соответствии с алгоритмом управления, каждый из двух объектов (ВПУ и ЛА) стремиться не зависимо друг от друга, обеспечить минимальные отклонения координат положения следа своего луча на смежном объекте от оптимального значения.

Посредством предварительно обученной нейронной сети, обеспечивающей расчет требуемого положения приводов механизации, в составе алгоритма, также обеспечивается существенное ускорение работы алгоритма в целом.

Литература:

1. Стюарт, Д. Платформа с шестью степенями свободы / Д. Стюарт // Известия института инженеров-механиков, 1965. - Т. 180, рт. 1, № 15. - P. 371-385.
2. Дж. Дж. Крейг, Введение в механику робототехники и управление. Pearson Education International, 2005 г.
3. Гапоненко Е. В. Динамика управляемого движения робота-трипода с шестью степенями подвижности: диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Белгород 2014 г, стр. 13, 14, 23, 24, 29-32, 34-45.
4. Андриевский Б. Р., Арсеньев Д. Г., Зегжда С. А., Казунин Д. В., Кузнецов Н. В., Леонов Г. А., Товстик П. Е., Товстик Т. П., Юшков М. П. Динамика платформы Стюарта // Вестник СПбГУ. Математика. Механика. Астрономия. 2017. Т. 4 (62). Вып. 3. С. 489–506

Control system for the aircraft landing on the takeoff and landing installation located on a mobile carrier

[1]Gagarskiy V.S., [2]Sanin R.A, [2]Gotovcev A.G
[1]LLC “Autonomous systems”, [2]BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

The paper presents a description of the functional of the main elements of a special system that implements the take-off / landing algorithm of an aircraft with vertical take-off and landing on a take-off and landing unit (TLU) based on a mobile carrier. The system operation algorithm is based on the interaction of the aircraft and the VPU through special photoresistor touch panels and laser emitters. The functional of the algorithm assumes the possibility of landing in conditions of carrier mobility, as a result of possible rolling, or unevenness of the road, and also additionally, in conditions of possible wind disturbances of the aircraft during takeoff and landing. The algorithm processes information about the relative spatial position of the two aircraft objects and the table top. A feature of the algorithm is the simultaneous control of both the aircraft and the VPU table.

The TLU includes a mechanical stabilization system for the position of the TLU runway (tracking drive). The mechanization of the table stabilization system is based on a modification of the well-known scheme of a closed spatial circuit – the Stewart platform (hexapod). The modification of a hexapod consists in combining two mechanisms of its spatial movement: the first is a change in the length of the legs of the hexapod, and the second is the movement of the upper and lower supporting carriages for attaching the legs of the hexapod. These movements are provided by additional actuators that increase the number of degrees of freedom of the entire mechanism. This leads to the possibility of increasing the range (linear and angular) of the hexapod strokes, as well as to an increase in the dynamic characteristics of the runway movement and an increase in the overall reliability rating.

The control algorithm is based on data obtained as a result of registering the interaction of laser beams and special photoresistor panels installed both on the aircraft and on the table of the VPU. The analysis of the coordinates of the location of the photoresistor sensors on the touch panel, which registered the interaction with the laser beam, allows the control algorithm to calculate the geometry of the relative spatial position of two objects and form control commands for the actuator drives of the platform mechanization (hexapod) and aircraft controls. In accordance with the control algorithm, each of the two objects (VPU and AC) strives independently of each other to ensure the minimum deviations of the coordinates of the position of its ray trace on an adjacent object from the optimal value.

By means of a pre-trained neural network, which provides the calculation of the required position of the drives of mechanization, as part of the algorithm, a significant acceleration of the operation of the algorithm as a whole is also provided.

References:

1. Stewart, D. Platform with six degrees of freedom / D. Stewart // Bulletin of the Institute of Mechanical Engineers, 1965. - T. 180, rt. 1, No. 15. - P. 371-385.
2. JJ Craig, An Introduction to Robotic Mechanics and Control. Pearson Education International, 2005
3. Gaponenko E. V. Dynamics of controlled movement of a tripod robot with six degrees of mobility: dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Belgorod 2014, pp. 13, 14, 23, 24, 29-32, 34- 45.

4. Andrievsky B.R., Arseniev D.G., Zegzhda S.A., Kazunin D.V., Kuznetsov N.V., Leonov G.A., Tovstik P.E., Tovstik T.P., Yushkov M.P.Dynamics of the Stewart platform

Многорежимный навигационно-посадочный комплекс БПЛА с перестраиваемой структурой

Гальцова М.С., Веремеенко К.К.
МАИ, г. Москва, Россия

В последние годы наблюдается бурный рост использования беспилотных аппаратов. Растет и число летных происшествий. Особенно опасен этап посадки: доля происшествий с БПЛА составляет около 15% от общего числа происшествий [1]. Одна из причин этого – недостатки навигационного обслуживания: недостаточная точность и надежность бортовых информационных систем.

Цель доклада – представить подход к формированию состава и структуры навигационно-посадочного комплекса БПЛА на этапе посадки с учетом складывающейся погодной, помеховой ситуаций и состояния бортовых навигационных систем, а также подтверждение его характеристик.

Информационным ядром навигационного обеспечения БПЛА обычно является бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) [2], корректируемая от информационных систем-корректоров.

Основной источник корректирующей информации – аппаратура спутниковой навигации (АСН). Однако навигационное поле сигналов современных ГНСС подвержено воздействию естественных и искусственных помех. Искажение параметров навигационных сигналов приводит к ошибкам в определении местоположения ЛА.

Контроль качества навигационных сигналов в АСН ведется по алгоритму автономного контроля целостности Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM), но его недостаточно для обеспечения посадки в сложных помеховых условиях. В докладе контроль целостности ведется по совокупности навигационных систем – Airborne Autonomous Integrity Monitoring (AAIM), имеющий режим Failure Detection&Exclusion, и позволяет исключать аномальные измерения корректоров.

При посадкие БПЛА особо важен вертикальный канал комплексной обработки информации (КОИ) [3]. Предлагаемый алгоритм в случае сбоя информации от АСН прекращает работу алгоритма КОИ БИНС/АСН и переходит на работу алгоритма КОИ БИНС с измененным типом корректора. В составе БНПК на этапе посадки предполагается использовать в качестве корректоров АСН, радиовысотомер малых высот (РВМВ), баровысотомер (БВ), оптическую систему (в докладе не рассматривается).

Выбор корректора строится на анализе свойств обновляемой последовательности в оптимальном фильтре Калмана и прогнозов измерений. При выходе контролируемых показателей за допуск, соответствующий корректор исключаются из используемых на этапе посадки.

Приводятся результаты имитационного моделирования, подтверждающие точность работы системы посадки.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер темы – FSFF-2020-0015.

1. Системы автоматической посадки беспилотных летательных аппаратов: проблемы и пути решения / А. М. Агеев, В. В. Беляев, В. Г. Бондарев, В. В. Проценко // Военная мысль. – 2020. – № 4. – С. 130-136.

2. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В .Матвеев, В.Я. Распопов / Под общ. ред. д.т.н. В.Я. Распопова. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО ЦНИИ «Электроприбор», 2009.

3. Алешин Б.С., Веремеенко К.К., Черноморский А.И. «Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии», М.:Физматлит, 2006г;

Multi-mode navigation and landing complex of UAVs with reconfigurable structure

Galtsova M.S., Veremeenko K.K.
MAI, Moscow, Russia

In recent years, there has been an explosive growth in the use of unmanned aerial vehicles. The number of flight accidents is also growing. The landing stage is especially dangerous: the share of accidents with UAVs is about 15% of the total number of accidents [1]. One of the reasons for this is the shortcomings of navigation services: insufficient accuracy and reliability of onboard information systems.

The purpose of the report is to present an approach to the formation of the composition and structure of the UAV navigation and landing complex at the landing stage, taking into account the prevailing weather, jamming situations and the state of on-board navigation systems, as well as confirmation of its characteristics.

The information core of the navigation support of the UAV is usually a strapdown inertial navigation system (SINS) [2], corrected by information systems-correctors.

The main source of corrective information is satellite navigation equipment (ASN). However, the navigation field of modern GNSS signals is subject to natural and man-made interference. Distortion of the parameters of navigation signals leads to errors in determining the position of the aircraft.

The quality control of navigation signals in the ASN is carried out according to the Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) algorithm, but it is not enough to ensure landing in difficult jamming conditions. In the report, integrity control is carried out on a set of navigation systems – Airborne Autonomous Integrity Monitoring (AAIM), which has a Failure Detection & Exclusion mode, and allows you to exclude anomalous measurements of correctors.

When landing UAVs, the vertical channel of integrated information processing (COI) is especially important [3]. The proposed algorithm, in case of information failure from the ASN, stops the operation of the KOI SINS / ASN algorithm and switches to the operation of the KOI SINS algorithm with a changed type of corrector. As part of the BNPK at the landing stage, it is planned to use ASN, a low-altitude radio altimeter (RVMV), a bar altimeter (BV), an optical system (not considered in the report) as correctors.

The choice of the corrector is based on the analysis of the properties of the updated sequence in the optimal Kalman filter and measurement predictions. When the controlled indicators go beyond the tolerance, the corresponding corrector is excluded from those used at the landing stage.

The results of simulation are presented, which confirm the accuracy of the landing system.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, topic number – FSFF-2020-0015.

1. Automatic landing systems for unmanned aerial vehicles: problems and solutions / A. M. Ageev, V. V. Belyaev, V. G. Bondarev, V. V. Protsenko // Military Thought. - 2020. - No. 4. - S. 130-136.

2. Fundamentals of building strapdown inertial navigation systems / VV Matveev, V.Ya. Raspopov / Under total. ed. Doctor of Technical Sciences V.Ya. Raspopov. - SPb .: State Research Center of the Russian Federation OAO TsNII "Elektropribor", 2009.

3. Aleshin B.S., Veremeenko K.K., Chernomorsky A.I. "Orientation and navigation of mobile objects: modern information technologies", M.: Fizmatlit, 2006;

Виртуальные лаборатории для обучения программированию

Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Для обучения разработке программного обеспечения важное значение имеет проведение лабораторных работ по построению алгоритмов, написанию и отладке программ на разных языках, созданию проектной документации.

Лабораторные работы обычно проводятся в компьютерных классах, где есть необходимое программное обеспечение (ПО): среды разработки, библиотеки, пакеты программ [1, 2], средства моделирования [3], СУБД и пр.

Для дистанционного обучения можно устанавливать это ПО на компьютеры студентов, что не всегда возможно; давать удаленный доступ к компьютерам в компьютерных классах, что

нежелательно из-за ограничений безопасности; создать виртуальную лабораторию с требуемыми функциями, куда смогут подключиться студенты и преподаватели.

Вариант с использованием виртуальной лаборатории программирования является наилучшим, так как обеспечит:

• Доступность необходимых функций для удаленных пользователей со стационарных и мобильных клиентских устройств.

• Совмещение в одном временном интервале большего количества групп с разными преподавателями, чем в компьютерном классе.

• Возможность самостоятельной работы учащихся с лабораторным ПО в неурочное время.

• Централизованное обновление и резервное копирование.

• Возможность быстрого масштабирования инфраструктуры при увеличении нагрузки.

• Защиту локальной сети благодаря отсутствию туда доступа пользователей из Интернета.

Для организации виртуальной лаборатории программирования, удовлетворяющей названным требованиям могут быть успешно использованы программные компоненты Project Jupyter [4], которые позволяют обеспечить поддержку интерактивного многопользовательского доступа к среде разработки с поддержкой многих языков программирования, средству создания блок-схем и формирования отчетов.

Это позволит обеспечить проведение лабораторных и практических занятий по программированию.

Литература:

1. Столярчук В.А. Программная система для обучения разработчиков CAE - приложений // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С. 394-397.

2. Столярчук В.А. Постпроцессор учебно исследовательской CAE sigma для обучения разработчиков САПР аэрокосмической области // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 5. С. 300-303.

3. Махорин А.О., Падалко С.Н., Терентьев М.Н. Симуляция многошлюзовой беспроводной самоорганизующейся сети произвольной топологии с учетом решения задачи выбора оптимальных параметров сети // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. С. 228-232.

4. Project Jupyter [Электронный ресурс] URL: https://jupyter.org/

Virtual labs for programming teaching

Ginzburg I.B., Ermakov A.A., Padalko S.N.
MAI, Moscow, Russia

For software development teaching, it is important to conduct laboratory work on building algorithms, writing and debugging programs in different languages, creating project documentation.

Laboratory work is usually carried out in computer classes with the necessary software: development environments, libraries, software packages [1, 2], modeling tools [3], DBMS, etc.

For distance learning, one can install this software on students' computers, which is not always possible; give remote access to computers in computer classes, which is undesirable due to security restrictions; create a virtual laboratory with the required functions, where students and teachers can connect online.

The option using a virtual programming laboratory is the best, as it will provide:

• Availability of necessary functions for remote users from stationary and mobile client devices.

• Combining in one time interval more groups with different teachers than in a computer class.

• The possibility of independent work of students with laboratory software at non-working hours.

• Centralized update and backup.

• The ability to quickly scale the infrastructure with increasing load.

• Protection of the local network due to the lack of user access there from the Internet.

To organize a virtual programming laboratory that meets the above requirements, the Project Jupyter software components [4] can be successfully used, which allow to provide support for interactive multi-user access to the development environment with many programming languages

support, flowchart creation and reporting tools. This will allow for laboratory and practical programming lessons.

References:

1. Stolyarchuk V.A. Software system for training developers of the CAE - applications // Scientific and Technical Volga region Bulletin. 2012. No. 6. pp. 394-397.

2. Stolyarchuk V.A. Postprocessor of the educational research SAE sigma for training CAD developers in the aerospace area // Scientific and Technical Volga region Bulletin. 2014. No. 5. pp. 300-303.

3. Makhorin A.O., Padalko S.N., Terentyev M.N. Simulation of a multi-gateway wireless self-organizing network of arbitrary topology taking into account the solution of the problem of choosing the optimal network parameters // Scientific and Technical Volga region Bulletin. 2014. No. 6. pp. 228-232.

4. Project Jupyter [Electronic resource] URL: https://jupyter.org/

Исследование способа выполнения посадки БЛА на наземное подвижное средство посадки (НПСП)

Голиков И.Н.

ЛИИ им. М.М. Громова, г. Жуковский, Россия

Из всех режимов полета беспилотных летательных аппаратов самым сложным и напряженным является режим захода на посадку и непосредственно посадки. Поэтому одно из основных направлений совершенствования БЛА в настоящее время связывают с совершенствованием и разработкой новых способов посадки, существенно расширяющих область применения БЛА, повышающих безопасность и надежность посадки.

В настоящее время используются следующие основные способы посадки БЛА самолетного типа: по-самолетному, с помощью авиафинишера, на парашюте. Использование шасси и парашюта приводит к ухудшению летно-технических характеристик БЛА за счет увеличения веса и нагрузки на крыло. Общим недостатком на неподвижный авиафинишер является необходимость практически полного гашения всей кинетической энергии БЛА к моменту приземления. Кардинальным образом решить проблему посадки БЛА можно с использованием подвижного средства посадки, на котором должна гаситься в результате торможения БЛА только часть кинетической энергии и осуществляться приземление, удержание и фиксация на платформе этого подвижного средства, и только после должно происходить торможение движущегося средства вместе с БЛА.

Управление НПСП может осуществляться как в автоматическом, так и в ручном режиме. Предлагаемый для реализации способ посадки состоит из 3-х этапов. Наземное подвижное средство посадки стоит в начале ВПП. На 1-ом этапе БЛА приближается к ВПП на заданной скорости, заданной высоте полета, а также при выдерживании заданной линии пути (вдоль оси ВПП). На расчетном расстоянии БЛА от НПСП, зависящем от путевой скорости БЛА, конечной относительной скорости и разгонных характеристик автомобиля, оно начинает разгон с заданным ускорением, а БЛА догоняет его, выдерживая свою заданную скорость.

В процессе первого этапа движение НПСП корректируется с помощью измерительной аппаратуры. В момент, когда БЛА догонит НПСП, их относительная конечная скорость должна выдерживаться с требуемой точностью.

На 2-м этапе осуществляется торможение БЛА с скорости, которая у него была при заходе в причальное устройство до скорости НПСП. В момент, когда БЛА затормозился и перестал перемещаться относительно НПСП, он продолжает лететь, тормозясь вместе с НПСП, уменьшая высоту до приземления на подушки безопасности.

Длина тормозного пути БЛА относительно движущегося НПСП зависит от следующих параметров движения:

- Конечной относительной скорости в момент догона БЛА НПСП.
- Ускорения торможения БЛА в причальном устройстве, зависящего от усилий на тормозных устройствах и массы БЛА.
- Ускорения НПСП.

На 3-ем этапе происходит торможение НПСП вместе с БЛА до скорости транспортировки или до полной остановки. После этого можно считать посадку БЛА выполненной.

Реализация предполагаемого способа посадки БЛА на НПСП позволит улучшить летно-технические характеристики БЛА (увеличить время полета и дальность, уменьшить посадочную дистанцию). Также улучшаются и эксплуатационные характеристики БЛА за счет снижения требований к грунтовым ВПП благодаря более высокой проходимости НПСП и возможности быстрой транспортировки БЛА после приземления на НПСП.

Литература:

1. Краснов Б.М. Исследование способа выполнения посадки БЛА на наземное подвижное средство посадки (НПСП) // НТО. № 048/560-19 – 2019. – 73 с.

2. Фетисов, В.С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. Под редакцией В. С. Фетисова Уфа 2014. Научное издание ISBN 978-5-9903144-3-6 Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.

Research of the method of UAV landing on a mobile ground landing vehicle (MGLV)

Golikov I.N.

GFRI, Zhukovsky, Russia

Research of the method of UAV landing on a mobile ground landing vehicle (MGLV)

Of all the flight modes of unmanned aerial vehicles, the most difficult and intense is the landing mode. Therefore, one of the main directions for improving UAVs is to improve landing safety.

Nowadays, the following main methods of aircraft-type UAV landing are used: airplane landing, with the help of an aircraft finisher, by parachute.

The use of a landing gear and a parachute leads to a deterioration in the flight performance of a UAV due to an increasing of weight and overloading a wing. A common disadvantage of a stationary aircraft finisher is the need for nearly complete extinguishing of all the kinetic energy of the UAV by the time of landing. The problem of UAV landing can be radically solved using a mobile ground landing vehicle. In this case, only part of the kinetic energy should be extinguished and this moving vehicle should be landed.

The MGLV can be controlled in automatic or manual modes.

The proposed realization method for implementation consists of 3 stages. At the 1st stage, the UAV approaches the runway at a given speed, a given flight altitude, and also while maintaining a given track line (along the runway axis). At the estimated distance of the UAV from the MGLV, it starts accelerating with a given acceleration, and the UAV catches up with it.

During the first stage, the movement of the MGLV is corrected with a measuring equipment. At the moment when the UAV overtakes the car, their relative final speed must be maintained with the required accuracy.

At the 2nd stage, the UAV is braked from the speed that it had when entering the mooring device to the speed of the vehicle. At the moment when the UAV braked and stopped moving relative to the MGLV, it continues to fly, braking along with the car, reducing the height until it lands on the airbags. At the moment when the UAV braked in the MGLV, it continues to fly, reducing the altitude until it lands on the airbags.

The length of the UAV's braking distance relative to the MGLV depends on the following movement parameters:

- The final relative speed at the moment when the UAV catches up with the MGLV.
- Braking of the UAV, depending on the efforts on the braking devices and the mass of the UAV
- MGLV acceleration.

At the third stage, the MGLV is braked together with the UAV to the transport speed or to a complete stop. After that, the UAV landing can be considered complete.

The implementation of the proposed method of UAV landing on the MGLV will improve the flight performance of the UAV (increase the flight time and range, reduce the landing distance), as well as improve the operational characteristics of the UAV by reducing the requirements for unpaved runways due to the higher cross-country ability of the MGLV, and faster transportation of the UAV after landing on the MGLV.

Разработка учебной операционной системы

Головешкин Д.А., Охотников Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Разработка учебной операционной системы.

Цель данной работы – создание учебной операционной системы, которая позволит наглядно продемонстрировать основные концепции построения ОС, а также позволит студентам модифицировать отдельные модули в рамках учебной программы.

Данная работа включает в себя три части. В первой из них рассматриваются существующие ОС, использующиеся в учебных целях:

• Xv6 – учебная операционная система, разработанная летом 2006 года для курса операционных систем Массачусетского технологического института.

• MINIX – операционная система, разработанная Эндрю Таненбаумом в Амстердамском свободном университете для наглядной демонстрации принципов, описываемых в его книге «Operating Systems: Design and Implementation» (1987).

• HellOS – операционная система, разработанная в ФПМИ МФТИ для направления «Информатика и вычислительная техника». Первая итерация курса по внутреннему устройству операционных систем прошла в 2020 году.

В работе описаны история создания, этапы разработки, а также преимущества и недостатки каждой из описанных ОС.

Во второй части в качестве учебной операционной системы рассматривается OxOS — 64-битная монолитная ОС, поддерживающая интерфейс ATA (параллельный интерфейс подключения накопителей к компьютеру). В качестве файловой системы для данной ОС используется FAT32. В качестве платформы выбрана архитектура x86_64 ввиду ее широкой распространенности и обилию учебных материалов. Также в рамках курса будет дано краткое описание компилятора подмножества языка Си для OxOS, позволяющего запускать программы, написанные на языке Си, на OxOS.

В третьей, заключительной части, будут представлены результаты работы OxOS.

Литература:

1. Р.З. Аблязов Программирование на ассемблере на платформе x86-64. – М.: ДМ К Пресс 2001.

2. С.З.Свердлов «Конструрование компиляторов. Учебное пособие» 2015.

3. Э. Таненбаум, Х. Бос «Современные операционные системы». 4-е изд. — СПб.: Питер, 2015. — 1120 с.: ил. — (Серия «Классика computer science»).

4. Ахо, Альфред В., Лам, Моника С., Сети, Рави, Ульман, Джеффри Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий й, 2 # е изд . : Пер . с англ. — М. : ООО “И.Д. Вильямс”, 2018. — 1184 с. : ил. — Парал. тит. англ.

Development of a teaching operating system

Goloveshkin D.A., Okhotnikov D.A.
MAI, Moscow, Russia

Development of a teaching operating system.

The purpose of this work is to create a teaching operating system that will visually demonstrate the basic concepts of building an operating system, and allow students to modify individual modules within the curriculum.

This work includes three parts. The first examines the existing operating systems used for educational purposes:

• Xv6 – it's a teaching operating system developed in the summer of 2006 for MIT's operating systems course

• MINIX – it's an operating system developed by Andrew Tanenbaum at the Free University of Amsterdam to illustrate the principles described in his book «Operating Systems: Design and Implementation» (1987).

• HellOS – it's an operating system developed at the FPMI MIPT for the direction "Informatics and Computer Engineering". The first iteration of the course on internals of operating systems took place in 2020.

The work describes the history of creation, stages of development, as well as the advantages and disadvantages of each of the described OS.

In the second part, OxOS is considered as an educational operating system. OxOS is a 64-bit monolithic OS that supports the ATA interface (parallel interface for connecting drives to a computer). FAT32 is used as the file system for this OS. The x86_64 architecture was chosen as a platform due to its widespread use and abundance of educational materials. Also within the course will be given a brief description of the compiler for a subset of the C language for OxOS, which allows you to run programs written in C on OxOS.

In the third and final part, the results of the work of OxOS will be presented.

References:

1. R.Z. Ablyazov "Programming in assembly language on the x86-64 platform". - M .: DM K Press 2001.

2. S.Z. Sverdlov “Designing compilers. Study guide" 2015.

3. E. Tanenbaum, H. Bose "Modern operating systems". 4th ed.

4. Aho, Alfred W., Lam, Monica S., Seti, Ravi, Ullman, Jeffrey D. "Compilers: principles, technologies and tools th, 2nd ed.

Архитектура приложения для получения данных естественной речи для обучения нейронной сети

Гурявичюс Й.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Разработка приложения, в котором требуется использование нейронной сети, предполагает обученную модель на реальных данных. К сожалению, получение данных для обучения является трудной задачей, для задачи обучения модели нейронной сети для естественной речи проблемой в основном является политика конфиденциальности.

Для решения данный проблемы была разработана модель тестового приложения, целью которого является получения данных. Созданная экосистема имеет клиентскую часть в виде telegram бота и серверную часть, которая строится по принципу микросервисной архитектуры. Данный продукт содержит в себе заготовки бизнес-логики будущего приложения, такие как: выделение темы беседы, формирования списка тем для беседы, грамматическая и орфографическая проверка. Созданная архитектура использует реляционную базу данных postgresql и набор сервисов, которые написаны на разных языках программирования: C#, python, go. Для журнала лог используется ElasticSearch и для визуализации Kibana. В качестве прокси сервера выбран nginx. Сервер строится на основе образа Oracle Linux с установленными для развертывания приложений Docker и Docker-Compose. Для защиты сервера используется стандартный firewalld и SElinux. Для регулирования нагрузки создается по два экземпляра одного сервиса, чтобы распределить нагрузку, с помощью Kubernetes.

Данная система рассчитана на эксплуатацию в 3-4 месяца. После получения данных будет производится предварительная обработка данных, нормализация, обучение системы нейронных сетей, выделение контрольных точек и устранение переобучения.

Application architecture for obtaining natural speech data for training a neural network

Guryavichyus Y.A.

MAI, Moscow, Russia

The development of an application that requires the use of a neural network assumes a trained model on real data. Unfortunately, obtaining data for training is a difficult task, for the task of training a neural network model for natural speech, the problem is mainly privacy policy.

To solve this problem, a test application model was developed, the purpose of which is to obtain data. The created ecosystem has a client part in the form of a telegram bot and a server part, which is built on the principle of a microservice architecture. This product contains templates for the business

logic of the future application, such as: highlighting the topic of conversation, forming a list of topics for conversation, grammar and spelling checks. The architecture created uses the postgresql relational database and a set of services that are written in different programming languages: C #, python, go. For the log, the log is used by ElasticSearch and for the visualization of Kibana. Nginx is selected as the proxy server. The server is built on top of an Oracle Linux image with Docker and Docker-Compose installed to deploy applications. Standard firewalld and SElinux are used to protect the server. To balance the load, two instances of the same service are created to distribute the load using Kubernetes.

This system is designed to operate in 3-4 months. After receiving the data, preprocessing of the data, normalization, training of the neural network system, allocation of control points and elimination of overfitting will be performed.

Исследование модели рамочного преобразователя угловых скоростей с оптическим считыванием на основе интерферометра фабри-перо

Данг Х.В., Бусурин В.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Микроопто-электромеханические (МОЭМ) преобразователи угловых скоростей отличаются от микро-электромеханических (МЭМ) преобразователей заменой емкостного метода считывания информации на оптический, что позволяет обеспечить гальваническую развязку цепей возбуждения и формирования выходного сигнала. Рассматривается новая модель рамочного МОЭМ-преобразователя угловой скорости, в которой используются биморфные пьезоактюаторы для создания первичных колебаний, а параметры вторичных колебаний определяются с помощью оптического считывания. Получена функция преобразования и оценены характерные параметры такого преобразователя [1].

Для создания первичных колебаний в рамочном МОЭМ-преобразователе угловых скоростей использованы пьезобиморфные балки; оптическое считывание параметров вторичных колебаний производится с использованием интерферометра Фабри-Перо (ИФП). При следующих конструктивных параметрах пьезо-биморфных балок: материал ЦТС-1; длина – 05 мм; ширина – 02 мм; толщина – 140 мкм; амплитуда напряжения возбуждения U0 = 40 В, рабочая частота f = 2,1 кГц, преобразователь обеспечивает измерение угловой скорости в диапазоне 0…2 об/с. Определена зависимость амплитуды вторичного колебания инертной дополнительной массы от угловой скорости, которая при 2 об/с равна 32,5 мкм. Перемещения чувствительного элемента (ЧЭ), пропорциональные угловой скорости Ω, обрабатываются с помощью ИФП. Такой МОЭМ-преобразователь угловых скоростей имеет квазилинейную функцию преобразования при использовании; число пиков пропускания на выходе ИФП зависит от измеряемой угловой скорости и при 2 об/с равно 217, что обеспечивает измерение с погрешностью не более 0,5 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №19-08-00108).

Литература:

1. Бусурин В. И., Горшков Б. Г., Коробков В. В., Дьячков В. В. ТВМ-преобразователь угловой скорости с интерферометрическим считыванием информации // Датчики и Системы, 2017, № 5, - с. 37 – 43.

Investigation of a model of a frame angular velocity converter with optical reading based on the fabry-perot interferometer

Dang V.V., Busurin V.I.
MAI, Moscow, Russia

Micro-optical-electromechanical (MOEM) angular velocity converters differ from micro-electromechanical (MEM) converters by replacing the capacitive method of reading information with an optical one, which allows for galvanic isolation of the ignition circuits and the formation of the output signal. A new model of an angular velocity frame MOEM converter is considered, in which bimorphic piezoactuators are used to create primary oscillations, and the parameters of secondary

oscillations are determined by optical reading. The transformation function is obtained and the characteristic parameters of such a converter are estimated [1].

Piezo-bimorphic balls were used to create primary oscillations in a frame MOEM converter of angular velocities; optical reading of the parameters of secondary oscillations is performed using a Fabry-pErot interferometer (IFP). With the following design parameters of piezo-bimorphic beams: CTS-1 material; length – 05 mm; width – 02 mm; thickness – 140 microns; excitation voltage amplitude U0 = 40 V, operating frequency f = 2.1 kHz, the converter provides angular velocity measurement in the range 0 ... 2 rpm. The dependence of the amplitude of the secondary oscillation of the inert additional mass on the angular velocity, which at 2 rpm is equal to 32.5 microns, is determined. The displacements of the sensing element (CE) proportional to the angular velocity Ω are processed using the IFP. Such a MOEM angular velocity converter has a quasi-linear pre-formation function when used; the number of transmission peaks at the output of the IFP depends on the measured angular velocity and at 2 rpm is equal to 217, which provides measurement with an error of no more than 0.5%.

The work was carried out with the financial support of the RFBR (grant No. 19-08-00108).

References:

1. Busurin V. I., Gorshkov B. G., Korobkov V. V., Dyachkov V. V. TVM-angular velocity converter with interferometric information reading // Sensors and Systems, 2017, No. 5, - pp. 37-43.

Синтез параметров выходных многоуровневых напряжений инверторов на основе функций Уолша

Данилина А.Н., Крючков В.В., Анисимова Т.В., Волков В.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Постоянный рост потребления электроэнергии различными устройствами на подвижных объектах, а также промышленными и бытовыми системами при одновременном ужесточении требований к качеству потребляемой электроэнергии требуют поиска новых способов преобразования постоянного напряжения в переменное заданного качества. Помимо этого, инверторы являются неотъемлемой частью систем альтернативной электроэнергетики (солнечные батареи, ветроэнергетические установки, приливные электростанции, топливные элементы), поскольку первичные источники электроэнергии в таких системах – это источники постоянного тока.

Инверторы с многоуровневым выходным напряжением имеют целый ряд преимуществ по сравнению с инверторами, работающими в других режимах формирования импульсных напряжений, аппроксимирующих синусоидальное, за счет приближения многоуровневого напряжения к синусоидальной форме. Многоуровневые напряжения позволяют обеспечить значительно лучший коэффициент гармоник по сравнению с многоимпульсными напряжениями, что влияет на выбор параметров выходного фильтра инвертора. При этом, частота коммутаций транзисторных ключей мостовых коммутаторов, формирующих отдельные уровни выходного напряжения, значительно ниже, что позволяет снизить динамические потери в ключах. Кроме того, при формировании отдельных уровней многоуровневого напряжения, в зависимости от конкретного уровня, можно использовать транзисторные ключи с различным максимальным допустимым напряжением.

Рассмотрен синтез параметров многоуровневых напряжений с улучшенным спектральным составом на основе функций Уолша. Проведены анализ синтезированных многоуровневых напряжений и моделирование наиболее, с точки зрения авторов, приемлемых вариантов для реализации их цифровыми и аналого-цифровыми методами.

Parameters synthesis of inverters multilevel output voltages based on Walsh functions

Danilina A.N., Kryuchkov V.V., Anisimova T.V., Volkov V.I.
MAI, Moscow, Russia

Continuous growth of electric power consumption by various devices on moving objects, as well as industrial and household systems with conjoined requirements tightening for the electric power being consumed require the search for new techniques for converting DC voltage to AC voltage of a

specified quality. Besides, inverters are an integral part of the alternative energetics systems such as, wind-driven or tidal power plants and power systems based on solar panels or fuel cells- based, since the primary energy sources of such systems are DC power sources.

Compared to the inverters, operating in other modes of forming pulse trains approximating a sine-wave, inverters with multilevel output voltage have a whole number of advantages due to a sine-wave approximation by the multilevel voltage. Multilevel output voltages allow ensuring much better total harmonic distortion compared to multi-pulse voltages, which affects the output filter parameters selection. The switching frequency herewith of power transistor switches of transistor full-bridge switching units, which form separate levels of the output voltage, is much lower. It leads to the switching losses reduction. Besides, depending on the concrete multi-level voltage level, transistor switches with different maximum acceptable voltage may be applied.

The report considers synthesis of the multilevel voltages with improved harmonic content based on Walsh functions. Analysis of the synthesized multi-level voltages and simulation of the acceptable, from the authors' viewpoint, options adoptable for realization with digital and analog-digital techniques were performed.

Sparkline – инструмент визуализации данных

Дмитраков С.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Визуальные представления помогают нам быстро понимать данные. Когда вы показываете график или диаграмму, ваш отчет или презентация приобретают ясность, независимо от предметной области того, что сравнивается.

Графики и диаграммы – это распространенный метод иллюстрации взаимосвязей данных. Их цель – представить данные, которые слишком многочисленны или сложны, чтобы их можно было удобно и понятно описать в тексте или на меньшем пространстве.

Веб интерфейс сайтов не исключение. Будь то социальная сеть, интернет магазин или блог, у них есть множество источников достаточно крупных данных. И ориентироваться в них может быть сложно.

Один из всех возможных вариантов использования данных на сайте – это сбор статистики, которая требует дальнейшей визуализации, анализируя результаты какой-либо работы.

Передо мной стояла задача: визуализировать данные по статистике пользовательских ошибок на сайте в определенный период времени. И для этого мной были изучены просторы многолетнего труда сообщества Javascript-разработчиков, в поисках модуля, для создания определенного вида графиков – спарклайнов (sparkline).

Спарклайн – вид графиков, отличающийся своим маленьким размером, но не меньшей информативностью, по сравнению с большими графиками на всю страницу. Также, следствие его небольшого размера – это отсутствие осей и каких-либо подписей.

К сожалению, несмотря на величину Javascript-сообщества, не был найден достойный модуль для спарклайнов, который удовлетворял бы всем моим требованиям. По этой причине мной был разработан собственный компонент.

Основные особенности мое реализации спарклайнов:

- Модуль реализован в качестве React-компонента.
- Исходный код написан на Typescript, что делает его статически типизированным.
- Адаптивность компонента на странице.
- Автоматическое определение диапазона значений графика.
- Параметризация всплывающих подсказок.
- Синхронизация диапазона значений между произвольным количеством графиков одного типа.
- Корректный вывод как маленьких, так и больших значений.
- Оптимизация компонента для динамического изменения значений на странице.

Спарклайны не позволяют отображать точные и исчерпывающие данные. Они лишь дают возможность показать существенные изменения данных там, где для других средств

отображения элементарно нет места. Используются в таких областях как финансы и трейдинг, спортивные события, научный и медицинский анализ, системное администрирование.

Sparkline – data visualization tool

Dmitrakov S.A.
MAI, Moscow, Russia

Visual representations help us understand data quickly. When you show a graph or chart, your report or presentation gains clarity, regardless of the subject area of what is being compared.

Graphs and diagrams are a common method of illustrating data relationships. Their goal is to present data that is too numerous or complex to be conveniently and clearly described in text or in a smaller space.

The web interface of websites is no exception. Whether it's a social network, an online store or a blog, they have many sources of fairly large data. And it can be difficult to navigate them.

One of all possible ways to use data on the site is to collect statistics, which requires further visualization, analyzing the results of any work.

My task was to visualize data on statistics of user errors on the site in a certain period of time. And for this, I have studied the expanses of the long-term work of the Javascript developer community, in search of a module to create a certain type of sparkline graphs.

Sparkline is a type of graphs, characterized by its small size, but no less informative, compared to large full-page graphs. Also, the consequence of its small size is the absence of axes and any signatures.

Unfortunately, despite the size of the Javascript community, a decent module for sparklines that would meet all my requirements was not found. For this reason, I developed my own component.

The main features of my sparklines implementation:

- The module is implemented as a React component.
- The source code is written in Typescript, which makes it statically typed.
- Adaptability of the component on the page.
- Automatic detection of the range of chart values.
- Parameterization of tooltips.
- Synchronization of a range of values between an arbitrary number of graphs of the same type.
- Correct output of both small and large values.
- Optimization of the component for dynamically changing values on the page.

Sparklines do not allow you to display accurate and comprehensive data. They only make it possible to show significant data changes where there is simply no place for other display tools. They are used in such areas as finance and trading, sports events, scientific and medical analysis, system administration.

Оценка актуальности и преимущества микросервисной архитектуры в высоконагруженных системах

Емельянов Э.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Микросервисная архитектура хорошо закрепилась в области как предпочтительный выбор больших распределенных систем. Крупные компании заведомо отказываются от старых архитектур отдавая предпочтению микросервисам. Малым компаниям такая архитектура подходит в силу возможности постепенно развивать систему без вовлечения большого количества разработчиков к одной задаче.

Отличительным преимуществом микросервисной архитектуры от остальных, является легкость реализации масштабируемых систем с большой нагрузкой на ее основе.

Начало каждого нового проекта разработки программного продукта, вне зависимости от его масштаба, начинается с выбора архитектуры. Это обязательный этап, который определит возникающие в ходе разработки проблемы и способы их решения, задаст определённый стиль, которому придется следовать разработчикам. Если перед нами стоит задача создания сервиса способного выдерживать значительную потоковую нагрузку, то кажется очевидным выбрать

для нашего решения, микросервисную архитектуру. В силу того, что наша система будет состоять из небольших независимых сервисов, общение между которыми можно построить с помощью протоколов сериализации данных, которые дадут нам достаточный уровень абстракции от способов и инструментов, реализующих модули, можно будет с легкостью заменять и/или обновлять необходимый микросервисный модуль. Этим и достигается простота в масштабируемости сервиса, так в случаи возникновения большой нагрузки можно быстро и просто распределить нашу систему до соответствующей нагрузки, или наоборот отобрать излишние вычислительные мощности.

Аспект реализации микросервисной архитектуры позволяющий модулям быть реализованными на разных языках, представляет так же и недостаток. Обеспечение общения двух модулей становиться нетривиальной задачей из-за отсутствия стандартизации общения и необходимости согласовывать формат общения между каждой парой модулей.

В вопросе построения высоконагруженной архитектуры, на мой взгляд важно не столько построить систему готовую выдерживать большую нагрузку в n тысяч соединений в секунду, а обеспечить систему возможностью эффективно подстраиваться под рост нагрузки. Для такого решения хорошо подходит микрсоервисная архитектура.

Assessment of the relevance and benefits of microservice architecture in high-load systems

Emelyanov E.A.
MAI, Moscow, Russia

Microservice architecture is well established in the field as the preferred choice of large distributed systems. Large companies deliberately abandon old architectures in favor of microservices. This architecture is suitable for small companies due to the ability to gradually develop the system without involving a large number of developers in one task. A distinctive advantage of a microservice architecture from the rest is the ease of implementation of scalable systems with a high load based on it. The beginning of each new software development project, regardless of its scale, begins with the choice of architecture. This is an obligatory stage that will determine the problems that arise during the development process and how to solve them, set a certain style that developers will have to follow. If we are faced with the task of creating a service that can withstand a significant stream load, then it seems obvious to choose a microservice architecture for our solution. Due to the fact that our system will consist of small independent services, communication between each one can be built using data serialization protocols, which will give us a sufficient level of abstraction from the methods and tools that implement the modules, it will be possible to easily replace and / or update the required microservice module. This achieves the simplicity in the scalability of the service, so in case of a heavy load, you can quickly and easily scale our system to the appropriate load, or vice versa, take away excess computing power. The implementation aspect of a microservice architecture that allows modules to be implemented in different languages presents a disadvantage as well. Ensuring communication between two modules becomes a non-trivial task due to the lack of standardization of communication and the need to agree on the format of communication between each pair of modules. In the matter of building a high-load architecture, in my opinion, it is important not so much to build a system ready to withstand a large load of n thousand connections per second, but to provide the system with the ability to effectively adapt to the growth of the load. A microservice architecture is well suited for such a solution.

Разработка системы распознавания рукописного текста на основе искусственных нейронных сетей

Ермаков М.А., Прискока Д.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

1. Анализ методов предварительной обработки рукописных символов.
2. Анализ моделей нейронных сетей для задачи распознавания рукописных символов.
3. Анализ структуры нейронной сети и алгоритмов обучения и функционирования.
4. Предварительная обработка данных и формирование обучающей и тестовой выборок.

4.1. Предварительная обработка изображений. Предварительная обработка изображений необходима для достижения максимальной точности распознавания системы.

4.2. Формирование обучающей и тестовой выборок. Для формирования обучающей, проверочной и тестовой выборки был использован набор изображений CoMNIST.

5. Разработка структурной схемы системы.

6. Программная реализация системы.

6.1. Реализация алгоритма предварительной обработки символов.

6.2. Реализация набора данных.

6.3. Реализация нейронной сети.

6.4. Разработка графического интерфейса. Инструментом создания является PyQT5 – основанный на базе платформы для разработки графического интерфейса QT5 набор библиотек, созданных для языка программирования Python.

7. Тестирование. Тестирование будет проводиться на собственных изображениях букв, которые будут написаны в графическом интерфейсе.

Литература:

1. https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers

2. Арлазаров В. Л., Славин О. А. Алгоритмы распознавания и технологии ввода текстов в ЭВМ // Информационные технологии и вычислительные системы. 1996. Т. 6. № 1. С. 48–54.

Development of a handwriting recognition system based on artificial neural networks

Ermakov M.A., Priskoka D.D.

MAI, Moscow, Russia

1. Analysis of methods for preprocessing handwritten characters.

2. Analysis of neural network models for the problem of handwritten character recognition.

3. Analysis of the structure of the neural network and algorithms for learning and functioning.

4. Pre-processing of data and formation of training and test samples.

4.1. Pre-processing of images. Image preprocessing is necessary to achieve maximum system recognition accuracy.

4.2. Formation of training and test samples. The CoMNIST set of images was used to form the training, validation and test sample.

5. Development of the structural diagram of the system.

6. Software implementation of the system.

6.1 Implementation of the algorithm for preprocessing symbols.

6.2 Implementation of the dataset.

6.3 Implementation of a neural network.

6.4 Development of a graphical interface. The authoring tool is PyQT5, a set of libraries built for the Python programming language based on the QT5 GUI development platform.

7. Testing. Testing will be carried out on your own letter images, which will be written in the graphical interface.

References:

1. https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers

2. Arlazarov VL, Slavin OA Recognition algorithms and technologies for entering texts into computers // Information technologies and computing systems. 1996. T. 6. No. 1. P. 48–54.

Применение систем технического зрения для обеспечения безопасного завершения полета БЛА в автоматическом режиме

Ершов В.С., Шибаев В.М., Кругов А.А., Бибикова К.И.

ЦАГИ, г. Жуковский, Россия

Большая часть аварийных ситуаций с участием БЛА приходится на этапы взлета и посадки, причем значительная их часть возникает из-за влияния «человеческого фактора». Ситуацию усугубляет то, что точность управления БЛА в ручном режиме существенно ограничена из-за влияния порывов ветра. В данных условиях оператору недостает скорости реакции для того, чтобы создать необходимые управляющие воздействия, что может привести к происшествию.

В данном докладе рассмотрен один из наиболее важных с точки зрения безопасности полета режимов – заход на посадку и посадка до приземления в автоматическом режиме.

Система автоматической посадки БЛА обеспечивает:

• Необходимую точность посадки.

• Исключение риска, связанного с человеческим фактором – оценкой посадочного положения БЛА и скоростью реакции на внешние возмущения.

• Учет турбулентности и порывов ветра.

Однако данная система не учитывает такие непредвиденные обстоятельства, как наличие людей и наземной инфраструктуры на ВПП или в районе аэродрома. Даже при обеспечении необходимой точности выполнения посадки БЛА в этой ситуации нельзя исключать возможность нанесения ущерба третьим лицам, а также самому ЛА и наземной инфраструктуре.

Одним из способов повышения безопасности автоматической посадки беспилотного летательного аппарата является включение в контур управления БЛА систем технического зрения (СТЗ).

СТЗ должна обеспечить безопасности режима посадки БЛА за счет выполнения следующих функций в реальном масштабе времени:

• Наблюдение окружающего пространства с помощью телевизионных (ТВ) и тепловизионных (ТПВ) датчиков.

• Визуальное улучшение потоковой видеоинформации, поступающей от ТВ и ТПВ датчиков (функция улучшенного видения).

• Комплексирование одновременно поступающих изображений от ТВ и ТПВ датчиков (в том числе с функцией улучшения одного отдельного изображения или двух одновременно).

• Синтез виртуального изображения окружающего пространства.

• Комбинирование виртуального изображения окружающего пространства с ТВ или ТПВ изображением, или их интегральным изображением.

• Обнаружение и распознавание людей и наземной инфраструктуры в районе ВПП.

• Выдача корректирующих поправок к навигационным параметрам ЛА на основе корреляционно-экстремальной обработки виртуального и ТВ, ТПВ изображений, содержащих ВПП.

Для оценки эффективности данной системы (САУ+СТЗ) было проведено моделирование автоматической посадки БЛА самолетного типа с учетом функционирования СТЗ.

На основании результатов моделирования можно сделать вывод, что включение СТЗ в контур управления БЛА позволяет обеспечить повышение безопасности автоматической посадки БЛА как для ВС, так и для людей и наземной инфраструктуры.

Литература:

1. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние, 2014, Фетисов В.С.

2. Динамика полета, 2017, А. В. Ефремов, В. Ф. Захарченко, В. Н. Овчаренко, В. Л. Суханов, Ю. Ф. Шелюхин, А. С. Устинов.

3. Автоматическая посадка летательных аппаратов, Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Смирнов Д. А., 2018 г.

4. Компонентные технологии отладки для систем технического зрения реального времени, 2003, Труды Первой Всероссийской научной конференции. Методы и средства обработки информации, Богуславский А.А., Соколов С.М.

5. Доклад на тему «Многофункциональная система технического и виртуального зрения», Сазонова Т. В., Шелагурова М. С., АО «РПКБ», 2019

Application of vision systems to ensure safe automatic UAV flight completion

Ershov V.S., Shibaev V.M., Krugov A.A., Bibikova K.I.

TsAGI, Zhukovsky, Russia

Compliance with safety requirements is essential for flying unmanned aerial vehicles in airspace. Most of UAV accidents occur during take-off and landing, and human factor accounts for a

significant part of emergencies. The influence of wind gusts most strongly affecting UAV manual control precision aggravates the situation. Under these conditions, operator lacks reaction speed for the necessary control inputs that may result in an accident.

The report discusses one of the most important (in terms of flight safety) modes – approach and landing before automatic landing. For performing this task, certain requirements to safety and reliability of the UAV automatic control system (ACS) are imposed.

UAV automatic landing system provides:

• Required landing accuracy;

• Elimination of human factor-associated risk: assessment of UAV landing position and speed of response to external disturbances;

• Accounting for turbulence and wind gusts.

However, the system does not take into account the contingencies like presence of people and ground infrastructure on the runway or in the terminal area. Even if the necessary UAV landing precision is provided, the possibility of damage to third parties as well as the aircraft itself and ground infrastructure cannot be excluded in this case.

One of the ways to improve UAV automatic landing safety is to include technical vision systems (TVS) in the UAV control loop.

TVS is designed to be installed on aircraft and it improves UAV landing mode safety by performing the following functions in real time:

• Observation of the surrounding space using television (TV) and thermal imaging (TPV) sensors.

• Visual improvement of streaming video information from TV and TPV sensors (enhanced vision function).

• Integration of simultaneously incoming images from TV and TPV sensors (including the function of improving one or two images simultaneously).

• Surrounding space virtual image synthesis.

• Combining a virtual image of the surrounding space with a TV or TPV image, or their integral image.

• Detection and recognition of people and ground infrastructure in the runway area.

• Output of corrections to aircraft navigation parameters based on correlation-extreme processing of virtual and TV, TPV images containing runways.

To assess system (ACS + TVS) efficiency, simulation of aircraft UAV automatic landing was carried out taking into account TVS functioning.

Based on the simulation results, it can be concluded that TVS integration in the UAV control loop makes it possible to improve UAV automatic landing safety for both the aircraft and people and ground infrastructure.

Обнаружение организованных помех ГНСС в инерциально-спутниковых навигационных системах

Жарков М.В., Веремеенко К.К., Кузнецов И.М., Пронькин А.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) на сегодняшний день представляют собой основной источник навигационной информации при решении широкого круга задач. При этом известно, что ГНСС крайне подвержены влиянию помех, возникающих при распространении навигационного сигнала от искусственных спутников Земли до аппаратуры потребителя. Наиболее опасными, в том числе с точки зрения обеспечения безопасности на авиационном, морском и наземном транспорте, следует считать преднамеренные помехи. Традиционно такого рода помехи относят либо к помехам, приводящим к подавлению сигналов навигационных спутников, и, как следствие невозможности вычисления навигационных параметров и точного времени, либо к помехам, представляющим собой сигналы, излучаемые псевдоспутниками и подменяющие собой сигналы космического сегмента ГНСС. Последний тип помех иногда называют уводящей помехой, так как в аппаратуре потребителя продолжается вычисление навигационных параметров и точного времени, значениями которых можно управлять при генерации

сигналов псевдоспутниками. Таким образом, задача своевременного выявления уводящей помехи представляется крайне важной.

В работе предлагается исследовать способ обнаружения организованных уводящих помех ГНСС за счет комплексирования пары приемников и антенн ГНСС с инерциальной навигационной системой (ИНС). Одно из измерений, выполняемых аппаратурой потребителя ГНСС – измерение фазы несущих сигналов. Причем точность такого измерения находится, как правило, на уровне нескольких миллиметров. Выполняя в приемниках измерения фаз несущих сигналов, принятых разнесенными на борту антеннами ГНСС, можно сформировать разность этих измерений. С другой стороны, разность фаз может быть вычислена по информации об углах ориентации от ИНС и эфемеридам спутников. Таким образом, если источник навигационного сигнала расположен в точке отличной от местоположения спутника, рассчитанного по эфемеридам, измеренные и вычисленные разности фаз будут различными. Численный контроль этой разницы и представляет собой основу используемого способа обнаружения помехи. Дополнительную сложность создает наличие целочисленной неоднозначности, которую необходимо разрешить в алгоритме комплексной системы [1].

В докладе представлены результаты экспериментальных исследований возможностей применения указанного способа обнаружения организованных помех. При проведении исследований были использованы малобюджетные приемники ГНСС и бесплатформенная ИНС на основе микроэлектромехнических инерциальных датчиков [2]. Результаты исследования позволили сделать вывод о работоспособности предложенного способа и оценить основные характеристики систем, функционирующих на его основе.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

1. M.V. Zharkov, K.K. Veremeenko, D.A. Antonov, I.M. Kuznetsov Attitude Determination Using Ambiguous GNSS Phase Measurements and Absolute Angular Rate Measurements. Gyroscopy and Navigation, 2018, Vol.9, No.4.

2. M.V. Zharkov, K.K. Veremeenko, I.M. Kuznetsov, A.N. Pronkin Multiple antenna gyro-GNSS attitude determination system. IOP Conf.Series: Materials Science and Engineering 927 (2020) 012073

GNSS spoofing detection in inertial-satellite navigation systems

Zharkov M.V., Veremeenko K.K., Kuznetsov I.M., Pronkin A.N.
MAI, Moscow, Russia

Global navigation satellite systems (GNSS) is the main source of navigation information in a wide range of tasks today. At the same time, it is known that GNSS are extremely susceptible to interference arising from the propagation of a navigation signal from satellites to user receiver. Intentional interference should be considered the most dangerous, including from the point of view of ensuring safety in aviation, sea and land transport. Traditionally, this kind of interference is attributed either to interference leading to the suppression of navigation satellite signals, and, as a consequence, the inability to calculate navigation parameters and the time, or to interference, which are signals emitted by pseudolites and replace the signals of the GNSS space segment. The second type of interference is sometimes called spoofing, since the user receiver continues to calculate navigation parameters and the time, the values of which can be controlled when generating signals by pseudolites. Thus, the task of spoofing detection is extremely important.

The paper proposes to investigate a method for detecting GNSS spoofing by combining a pair of GNSS receivers and antennas with an inertial navigation system (INS). One of the measurements performed by the GNSS receiver is the carrier phase measurement. Moreover, the accuracy of such a measurement is, as a rule, at the level of several millimeters. By measuring the carrier phases of the signals received by the GNSS antennas spaced on board, it is possible to form a difference between these measurements. On the other hand, the phase difference can be calculated from information about the attitude angles from the INS and satellites ephemerides. Thus, if the source of the navigation signal is located at a point other than the location of the satellite calculated from ephemerides, the measured and calculated phase differences will be different. Numerical control of this difference is

the basis of the spoofing detection method used. Additional complexity is created by the presence of integer ambiguity, which must be resolved in the algorithm of the complex system [1].

The report presents experimental results of proposed method possibilities for detecting spoofing. Low-budget GNSS receivers and a strapdown INS based on microelectromechanical inertial sensors were used [2]. The results of the study allowed us to conclude about the operability of the proposed method and to evaluate the main characteristics of systems operating on its basis.

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. FSFF-2020-0015).

1. M.V. Zharkov, K.K. Veremeenko, D.A. Antonov, I.M. Kuznetsov Attitude Determination Using Ambiguous GNSS Phase Measurements and Absolute Angular Rate Measurements. Gyroscopy and Navigation, 2018, Vol.9, No.4.

2. M.V. Zharkov, K.K. Veremeenko, I.M. Kuznetsov, A.N. Pronkin Multiple antenna gyro-GNSS attitude determination system. IOP Conf.Series: Materials Science and Engineering 927 (2020) 012073

Горизонтальное масштабирование баз данных при помощи контейнерных систем

Жига Н.В., Новиков А.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

При единовременной записи в одну базу данных может возникнуть проблема шумного соседа. Когда десятки сервисов начинают одновременную запись в одну базу, от этого могут страдать другие пользователи базы. Помимо этого, невозможно понять, какая именно операция в какой именно базе данных занимает большую часть процессорного времени.

Исправить проблему может смена системы – разделение базы данных на отдельные кластеры, которые запущены как отдельные процессы на отдельных контейнерах. В таком подходе стоит предусмотреть искусственное ограничение в виде использования единственной базы данных на кластер, даже если это не является техническим ограничением. При таком подходе становится понятно, какая база данных потребляет ресурсы.

Возможен мониторинг потребления таких контейнеров даже если база данных этого не поддерживает. Потому что если на таком контейнере запущена только система управления базами данных (СУБД), то и потребление всей системы можно считать за потребление этой СУБД.

Далее, преимуществом является возможность горизонтального масштабирования при использовании такого подхода. Достаточно просто запускать такие контейнеры на других системах. В таком случае увеличивается скорость доставки системы на обслуживающие сервера, т.к. достаточно подготовить образ с конфигурированной СУБД и запустить этот образ уже на конечной машине.

Из недостатков такого подхода – потребление лишних ресурсов на поддержку операционной системы, т.к. контейнер представляется отдельной операционной системой. Но такой недостаток сглаживается использованием контейнерных систем с операционной системой, в которой минимально количество дополнительных паразитных процессов.

Scale out databases using container systems

Zhiga N.V., Novikov A.Yu.
MAI, Russia, Russia

When writing to one database at a time, the problem of a noisy neighbor may arise. When dozens of services start writing to one database at the same time, other users of the database can suffer from this. In addition, it is impossible to understand which operation in which particular database is taking up most of the CPU time.

A system change can fix the problem – dividing the database into separate clusters, which are run as separate processes on separate containers. In this approach, it is worthwhile to provide an artificial limitation in the form of using a single database per cluster, even if this is not a technical limitation. With this approach, it becomes clear which database is consuming resources.

It is possible to monitor the consumption of such containers even if the database does not support it. Because if only a database management system (DBMS) is running on such a container, then the consumption of the entire system can be considered as the consumption of this DBMS.

Further, the advantage is the ability to scale horizontally using this approach. It is enough to simply run such containers on other systems. In this case, the speed of delivery of the system to the serving servers increases, since it is enough to prepare an image with a configured DBMS and run this image on the target machine.

The disadvantage of this approach is the consumption of extra resources to support the operating system. The container appears to be a separate operating system. But this disadvantage is mitigated by the use of container systems with an operating system in which the number of additional parasitic processes is minimal.

Принципы метамоделирования веб-приложений в облачных средах

Жирнов И.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время существует множество веб-приложений. Их число постоянно растет, кроме того, уже существующие приложения зачастую постоянно дорабатываются и улучшаются. По мере роста приложения сложность той или иной доработки может увеличиваться, особенно если изменения касаются данных и их структур. Для упрощения разработки и модификации таких веб-приложений предлагается использовать систему метамоделирования.

Метамоделирование – это процесс создания метамоделей.

Метамодели – средства построения моделей, примерами могут послужить формальные языки или графические нотации для описания структуры классов.

Модели – описание структуры данных.

Основной целью метамоделирования является описание данных настолько глубоко, чтобы они были самодостаточными и допускали расширение и модификацию своей структуры. То есть веб-приложение, основанное на метамоделировании, будет работать в общем случае, а не для конкретного случая данных с конкретной структурой и фиксированными зависимостями.

Метамоделирование обладает двумя важными принципами:

1) Замкнутость. Это означает, что, выполняя действия в выбранной модели, нельзя выходить за ее рамки, а также должны отсутствовать неформализованные (неописанные) объекты.

2) Полнота. Полнота системы означает, что в её рамках можно смоделировать все объекты рассматриваемого множества.

Применение метамодельно-ориентированного подхода для разработки веб-приложений, а также использование средств декларативного языка разработки пользовательского интерфейса и автоматической генерации приведет к снижению стоимости и трудозатрат разработки.

Principles of Metamodeling Web Applications in the Cloud

Zhirnov I.E.
MAI, Moscow, Russia

Currently, there are many web applications. Their number is constantly growing, in addition, existing applications are often constantly being refined and improved. As the application grows, the complexity of one or another refinement may increase, especially if the changes relate to data and their structures. To simplify the development and modification of such web applications, it is proposed to use a metamodeling system.

Metamodeling is the process of creating metamodels.

Metamodels are means of constructing models, examples can be formal languages or graphical notations for describing the structure of classes.

Models – description of the data structure.

The main purpose of metamodeling is to describe the data so deeply that they are self-sufficient and allow for expansion and modification of their structure. That is, a web application based on

metamodeling will work in the general case, and not for a specific case of data with a specific structure and fixed dependencies.

Metamodeling has two important principles:

1) Isolation. This means that performing actions in the selected model, it is impossible to go beyond its scope, and there should also be no unformalized (undescribed) objects.

2) Completeness. The completeness of the system means that it is possible to model all objects of the considered set within its framework.

The use of a meta-model-oriented approach for the development of web applications, as well as the use of a declarative language for the development of the user interface and automatic generation will reduce the cost and labor costs of development.

Предотвращение колебаний углового движения космических аппаратов в групповом полете

[1]Зайцева Ю.С., [2]Андриевский Б.Р., [2]Кузнецов Н.В., [3]Шестаков И.Н.
[1]ИПМаш РАН, [2]СПбГУ, [3]СПбГУГА, г. Санкт-Петербург, Россия

Переход на использование микроспутников в задачах исследования космических объектов часто предполагает управление группой аппаратов в виде организованной структуры (формации) [1,2]. В данной работе рассматривается цепочная формация космических аппаратов типа «ведущий-ведомый», где задающий сигнал каждого ведомого аппарата является выходным сигналом ведущего. Задающий сигнал отрабатывается трехосевой системой двигателей-маховиков. Двигатели, как реальные инженерные системы, имеют ограничения на величину, скорость и энергию управляющего воздействия, которые могут привести к неконтролируемому вращению аппарата [3,4]. Наибольший негативный эффект в систему вносит нелинейность типа «насыщение». Насыщение управляющего момента или скорости сигнала привода может привести к потере устойчивости и возникновению автоколебаний углового движения [5,6]. В результате аппарат теряет ориентацию, и ведомые аппараты, следуя за ним, получают неправильный входной сигнал и не поддерживают заданную структуру формации.

Для сохранения строя космических аппаратов в данной работе предлагается ввести последовательно в контур управления двигателя-маховика псевдолинейное фазокомпенсирующее устройство, имеющего раздельные каналы формирования величины фазы и амплитуды сигнала, а также обладающего свойством независимости величины фазового сдвига от амплитуды входного сигнала [7]. В момент достижения приводом насыщения, управляющий сигнал, проходя через псведолинейное корректирующее устройство, получает положительный сдвиг; при отсутсвии насыщения управляющий сигнал проходит по контуру без изменений. Таким образом, система управления отдельно взятого космического аппарата сохраняет запас устойчивости по фазе, и обеспечивает заданную ориентацию аппарата, что в целом позволяет сохранить формацию.

Анализ автоколебательных процессов в системе и синтез нелинейного корректирующего устройства выполнены при поддержке программы Ведущих Научных школ Российской Федерации 2020-2021 (Н.ш.-2624.2020.1). Исследование динамики группового движения спутников выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2021-573).

Литература:

1. Andrievsky B., Fradkov A.L., Kudryashova E.V. Control of Two Satellites Relative Motion over the Packet Erasure Communication Channel with Limited Transmission Rate Based on Adaptive Coder // Electronics, vol. 9, no.12, art. no. 2032, 2020.

2. Nebylov A.V., Knyazhsky A.Yu., Medina P.A. Verification of the precise orbital holding of small satellite formation for remote control of robots on a planet surface // Proc. of 4th IEEE Int. Workshop on Metrology for Aerospace, 56 p., 2017.

3. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов, Москва: «Наука», 1974.

4. Tarbouriech S., Garcia G., da Silva J.G., Queinnec I. Stability and Stabilization of Linear Systems with Saturating Actuators, Springer-Verlag, London, 2011.
5. Чечурин С.Л. Параметрические колебания и устойчивость периодического движения, Ленинград: ЛГУ, 1983.
6. Кузнецов Н.В. Теория скрытых колебаний и устойчивость систем управления // Изв. РАН. Теория и системы управления, №5, с. 5-27, 2020.
7. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления // под ред. Топчеева Ю.И. Москва: «Машиностроение», 1971.

Prevention of the spacecraft angular motion oscillations during a formation flight

[1]Zaitceva I.S., [2]Andrievsky B.R., [2]Kuznetsov N.V., [3]Shestakov I.N.
[1]IPME RAS, [2]IPME RAS, SPSU, [3]SPUCA, Saint-Petersburg, Russia

The transition to the use of microsatellites in the control tasks of spacecraft often involves the control of a group of vehicles in the form of an organized structure (formation) [1]. This paper considers a string formation of spacecraft, where the input signal of each follows unit is the output signal of the leader. The reference signal is processed by a three-axis system of the reaction wheel. Motors are being physical engineering systems that have limitations on the magnitude, speed, and energy of the control action. These limitations can lead to uncontrolled rotation of the spacecraft [2,3]. The high negative effect on the system performance is due to the saturation nonlinearity. Saturation of the control torque or speed of the actuator signal can lead to loss of stability and the occurrence of self-oscillations of angular motion [4,5]. As a result, the vehicle loses its orientation, and each following spacecraft receive an improper input signal. Thus, the given formation structure is destroyed.

In this paper, to preserve the flight formation of spacecraft, it is proposed to introduce in series a pseudo-linear phase-compensating device into the control loop of the reaction wheel. This device has separate channels for the phase and amplitude signal forming and has the property of the phase-frequency response and the input signal independence [6]. When the drive reaches saturation, the control signal, passing through the pseudo linear correcting device, receives a positive phase shift; in the absence of saturation, the control signal passes through the loop unchanged. Thus, the control system of an individual spacecraft preserves the phase stability margin and provides a given orientation of the spacecraft, which generally allows the formation to be saved.

The analysis of self-oscillatory processes in the system and the synthesis of a nonlinear correcting device were carried out with the support of the program of the Leading Scientific Schools of the Russian Federation 2020-2021 (N.sh.-2624.2020.1). The study of the dynamics of the group motion of satellites was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (agreement No. 075-15-2021-573).

References:

1. Andrievsky B., Fradkov A.L., Kudryashova E.V. Control of Two Satellites Relative Motion over the Packet Erasure Communication Channel with Limited Transmission Rate Based on Adaptive Coder // Electronics, vol. 9, no.12, art. no. 2032, 2020.
2. B. Rauschenbach, Y. Tokar', Spacecraft attitude control [B.V. Raushenbakh, Ye.N. Tokar'. Upravleniye oriyentatsiyey kosmicheskikh apparatov], Moscow: Nauka Publ., 1974 (in Russian).
3. Tarbouriech S., Garcia G., da Silva J.G., Queinnec I. Stability and Stabilization of Linear Systems with Saturating Actuators, Springer-Verlag, London, 2011.
4. Chechurin S.L. Parametric Oscillations and Stability of Periodic Motion [Chechurin S.L. Parametricheskie kolebaniya I ustoichivost'periodicheskogo dvizheniya]. Leningrad: Leningrad State University, 1983. (In Russian).
5. Kuznetsov N.V. Theory of hidden oscillations and stability of control systems // Izv. RAS. Theory and control systems, no. 5, p. 5-27, 2020. (In Russian)
6. 6. Nonlinear correcting devices in automatic control systems // ed. Topcheev Y.I. [Nelineynye korrektiruushie ustroistva v sistemah avtomat] Moscow: "Mashinostroenie", 1971. (In Russian)

Особенности снижения бивалентного дефекта модулярных помехозащитных кодов

Иванов В.О.
МАИ, г. Москва, Россия

Для записи машинных кодов в компьютерных системах в настоящий момент широко используется позиционная двоичная система счисления, содержащая две цифры – 0 и 1. Как известно, позиционная система счисления – это способ записи числа, в котором вес цифры напрямую зависит от ее положения в числовой записи. Такая зависимость между положениями цифр влечет необходимость учета переносов из младших разрядов в старшие, что усложняет аппаратуру для выполнения компьютерных операций.

На текущем этапе развития теории кодирования особый интерес стали представлять коды, представленные в непозиционных системах счисления с параллельной структурой, которые позволяют сводить вычисления лишь к параллельным элементарным операциям. В частности, такой системой счисления является модулярная система счисления (система остаточных классов), основанная на китайской теореме об остатках. Разряды при вычислениях в этой системе счисления являются независимыми друг от друга, что позволяет ускорить процесс вычисления и устранить эффект размножения ошибок. Оставаясь же в рамках позиционной системы счисления, значительного ускорения выполнения операций добиться практически невозможно.

Существует целый ряд методов обнаружения ошибок в модулярных кодах при передаче информации. Такими методами являются: метод перевода числа в обобщенную позиционную систему счисления (ОПСС), метод ортогональных базисов и метод совместного использования ортогональных базисов и ОПСС. Для обнаружения и исправления ошибок в кодах используются метод проекций и метод синдромного декодирования.

Для алгоритмического описания был выбран язык программирования Python, так как он прост в использовании, имеет динамическую типизацию и хорошо приспособлен для научных вычислений благодаря ряду библиотек, предназначенных для их проведения. Из всех таких библиотек была выбрана библиотека Numpy. Для ускорения вычислений была выбрана библиотека Numba, имеющая встроенный компилятор LLVM, который позволяет ускорять вычисления в десятки раз.

Features of reducing the bivalent defect of modular anti-jamming codes

Ivanov V.O.
MAI, Moscow, Russia

To record machine codes in computer systems, a positional binary number system is currently widely used, containing two digits – 0 and 1. As you know, the positional number system is a way of writing a number in which the weight of a digit directly depends on its position in a numeric notation. Such a relationship between the positions of the numbers entails the need to take into account the transfers from the lower digits to the higher ones, which complicates the equipment for performing computer operations.

At the current stage of the development of coding theory, codes presented in non-positional number systems with a parallel structure, which make it possible to reduce computations only to parallel elementary operations, have become of particular interest. In particular, such a number system is a modular number system (a system of residual classes) based on the Chinese remainder theorem. The digits in calculations in this number system are independent of each other, which makes it possible to speed up the calculation process and eliminate the effect of error propagation. Remaining within the framework of the positional number system, it is almost impossible to achieve a significant acceleration in the execution of operations.

There are a number of methods for detecting errors in modular codes when transmitting information. These methods are: the method of converting a number to the generalized positional number system (GPSS), the method of orthogonal bases and the method of joint use of orthogonal bases and GPSS. To detect and correct errors in codes, the projection method and the syndrome decoding method are used.

Для алгоритмического описания был выбран язык программирования Python, так как он прост в использовании, имеет динамическую типизацию и хорошо приспособлен для научных вычислений благодаря ряду библиотек, предназначенных для их проведения. Из всех таких библиотек была выбрана библиотека Numpy. Для ускорения вычислений была выбрана библиотека Numba, имеющая встроенный компилятор LLVM, который позволяет ускорять вычисления в десятки раз.

Разработка элементов информационной системы для автоматизации процессов методического управления подразделения высшего учебного заведения

Игуменцев И.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

В процессе работы над научными трудами всегда присутствует необходимость править и оформлять их в соответствии с существующими стандартами и размещать их в соответствующем разделе или на определенной площадке, будь то квалификационная работа, учебник, методическое пособие или научная статья. Зачастую процесс приведения работы к соответствующему стандарту отнимает большое количество времени, в отдельных случаях даже больше потраченного на содержательную часть научных трудов. Помимо прочего, процесс оформления и редактирования научной работы различается в зависимости от ее типа, что также может усложнить процесс ее написания.

В сложившейся ситуации основной проблемой становится упрощение процесса написания научных работ для авторов, а также, в дополнение к вышеописанной проблеме, упрощение доступа к ним читателей. Помощь в написании научных работ и их редактировании позволит снизить нагрузку на авторов в процессе стандартизации формы работы и позволит уделить больше времени ее содержанию.

Для решения поставленной задачи предлагается информационная система, интегрированная в существующие системы высшего учебного заведения. Прежде всего, она помогает в написании научных работ: предоставляет пакет различных шаблонов, соответствующих виду выбранной научной работы, соответственно изменяя форматирование текста, титульного листа, списка литературы, нумерации страниц, автоматически предлагает ссылки в тексте на добавленные в список литературы источники, автоматически добавляет подписи вставляемым изображениям, таблицам и графикам. Результат загружается в соответствующий раздел системы электронного обучения, где автор может настроить уровень доступа групп и отдельных пользователей системы к выбранной работе. Такая система позволит значительно повысить эффективность затрат по времени на написание научных работ.

Development of the information system elements for studying toolkit management automation in higher education institution subdivisions

Igumentsev I.Yu.
MAI, Moscow, Russia

In the process of working on scientific works, there is always a need to edit and formalize them in accordance with existing standards and place them in the appropriate section or on a certain site, be it a qualification work, a textbook, a methodological manual or a scientific article. Often, the process of bringing a work to an appropriate standard takes a lot of time, in some cases even more spent on the substantive part of scientific works. Among other things, the process of preparing and editing a scientific work differs depending on its type, which can also complicate the process of writing it.

In this situation, the main problem is to simplify the process of writing scientific works for authors, as well as, in addition to the problem described above, to simplify access to them for readers. Help in writing scientific papers and editing them will reduce the burden on authors in the process of standardizing the form of work and will allow you to devote more time to its content.

To solve this problem, an information system is proposed that is integrated into the existing systems of a higher educational institution. First of all, it helps in writing scientific papers: it provides a package of various templates corresponding to the type of the selected scientific work, accordingly

changing the formatting of the text, title page, bibliography, page numbering, automatically offers links in the text to sources added to the bibliography, automatically adds captions inserted images, tables and graphs. The result is uploaded to the appropriate section of the e-learning system, where the author can adjust the level of access of groups and individual users of the system to the selected work. Such system will significantly increase the cost-effectiveness of time spent on writing scientific papers.

Воздействие экстремальных факторов на компоненты СВЧ-микромодуля

Калашников А.Ю., Поймалин В.Э., Жуков А.А.
АО «Российские космические системы», г. Москва, Россия

Основными требованиями к бортовой приемо-передающей аппаратуре являются уменьшенные массогабаритные характеристики при обеспечении устойчивости и функционирования. В бортовой аппаратуре изделия микроэлектронной техники могут подвергаться воздействию различных внешних факторов. Например, температурные напряжения могут возникать в результате колебаний температуры окружающей среды или нагрева из-за рассеивания мощности компонентами, а также в технологических процессах при изготовлении [1]. Таким образом существует необходимость создавать специальную аппаратуру, выдерживающую экстремальные воздействия [2].

Целью работы является оценка возможности реализации СВЧ-микромодуля, для чего необходимо определить изменения коэффициента прохождения СВЧ-сигнала (S2,1) компонентов микромодуля после экстремального воздействия температур.

В составе микромодуля исследованы компоненты: многослойная коммутационная СВЧ-плата на основе полиимида [3], бескорпусные активные элементы (кристаллы) на основе арсенида галлия.

В работе [3] было показано влияние температур на СВЧ-плату. Установлено, что плата является температурно-независимой (от минус 196°С до 200°С) в диапазоне частот от десятков мегагерц до десятков гигагерц.

Для оценки изменения СВЧ-характеристики (S2,1) активных элементов после воздействия экстремальных факторов были выбраны несколько точек в частотном диапазоне от 4 до 16 ГГц. После температурного воздействия на активные элементы устройства при Т = 200°С и при Т = минус 196°С, изменение СВЧ-характеристики S2,1 составило не более 0,5 дБ.

Таким образом, результаты измерений коэффициента прохождения сигнала указывают на возможность реализации СВЧ-микромодуля, эксплуатируемого после экстремального температурного воздействия в диапазоне от минус 196°С до 200°С.

Литература:

1. Медведев А.М. Физическая надежность технических средств электроники / А.М. Медведев // Технологии в электронной промышленности. –2015. –№ 2. –С. 72–74.

2. Кулиев М.В. Факторы, влияющие на долговременную стабильность СВЧ генераторов для РЭА космического базирования / М.В. Кулиев // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. –2020. –№ 258. –С.71-88

3. Жуков А.А. Характеристики многослойной коммутационной СВЧ–платы микромодуля космического назначения / А.А. Жуков, А.Ю. Калашников, В.Э. Поймалин // Ракетно–космическое приборостроение и информационные системы. –2019. –том 6. –№ 4. –С. 89–96

The influence of extreme factors on the components of the microwave micromodule

Kalashnikov A.Y., Poimalin V.E., Zhukov A.A.
JSC “Russian Space Systems”, Moscow, Russia

The main requirements for on-board transmitting and receiving apparatus are reduced weight and dimensions with ensuring the stability and functioning of the devices. In on-board apparatus, microelectronic products can be influenced to various external factors. For example, thermal stresses can arise as a result of fluctuations in ambient temperature or heating due to power dissipation by components, as well as in manufacturing processes [1]. Thus, there is a need to create special apparatus that can withstand extreme influences [2].

The purpose of this work is to assess the possibility of implementing a microwave micromodule, for which it is necessary to determine the changes in the transmission coefficient of the microwave signal (S2,1) of the micromodule components after extreme influence of temperatures.

The components of the micromodule were investigated: a multilayer microwave switching board based on polyimide [3], unpackaged active elements based on gallium arsenide.

In article [3], the effect of temperatures on a microwave board was shown. It was found that the board is temperature-independent (from minus 196°C to 200°C) in the frequency range from tens of megahertz to tens of gigahertz.

To assess the change in the microwave characteristics of (S2,1) active components after influence of extreme factors, several points were selected in the frequency range from 4 to 16 GHz. After temperature influence to the active elements of the device at T = 200°C and at T = minus 196°C, the change in the microwave characteristic S2,1 was no more than 0,5 dB.

Thus, the results of measurements of the signal transmission coefficient indicate the possibility of implementing a microwave micromodule operated after extreme temperature influence in the range from minus 196°C to 200°C.

References:

1. Medvedev A.M. Physical reliability of technical means of electronics / A.M. Medvedev // Technologies in the electronics industry. –2015. –№ 2. –P. 72-74.

2. Kuliev M.V. Factors influencing the long-term stability of microwave generators for space-based REE / M.V. Kuliev // Electronic engineering. Series 2. Semiconductor devices. –2020. –№ 258. –P.71-88

3. Zhukov A.A. Physical and technological limitations for the construction of a multilayer switching microwave board / Zhukov, A. Yu. Kalashnikov, V.E. Poimalin // Rocket-Space Device Engineering and Information Systems. –2019. –Volume 6. –№ 4. –P. 89–96

Практическое создание системы для составления данных устройств Интернет-вещей

[1]Касатиков Н.Н., [1]Фадеева А.Д., [1]Брехов О.М., [2]Цибин А.В., [3]Белоногова Е.А.

[1]МАИ, [2]НИИ ТП, г. Москва; [3]УлГУ, г. Ульяновск, Россия

В последнее время в связи с появлением тенденции цифровизации промышленных процессов и интенсивным развитием информационных технологий вопросы применения IoT-технологий в развитии умного города получают все больший и больший спрос.

Так как разработка Digital Twin является относительно молодым направлением, в рамках этого целесообразно использование методологии продуктового подхода для процессов разработки инновационных продуктов. Продуктовый подход к разработке программного обеспечения, направленного на цифровизацию предприятия, обеспечивает устранение ошибок в проектировании на ранних стадиях за счет итерационного проведения исследований и необходимых расчетов. В отличие от традиционного подхода, план процесса достижения результата не является строго регламентированным, что обеспечивает гибкость в разработке и возможность внесения изменений практически на любой стадии проекта, а также ускорение реализации инициативных работ.

К основным способам цифровой трансформации предприятия посредством внедрения продуктового подхода можно отнести группирование работ вокруг конечного результата, непрерывный контроль за продуктовыми метриками, определяемыми перед началом разработки Digital Twin, создание продуктовой кросс-функциональной группы для работы над инновационным продуктом.

Множество всевозможных датчиков ежедневно генерирует огромное количество данных, содержащих обширные знания о городе и городской инфраструктуре. Их обработка и анализ позволит решить многие проблемы, но лишь при условии их правильного сбора, анализа и применения.

Программные системы городских вычислений позволяют объединить сенсорные технологии, передовые методы сбора, обработки и анализа, и визуализации данных для подготовки решений с целью повышения качества жизни населения, совершенствования инфраструктуры населенного пункта.

Для того, чтобы понять и проанализировать существующие неявные закономерности, позволяющие понять суть явлений, происходящих в жизни города, необходимо объединить технологии цифровых двойников, в нашем случае цифрового двойника пространственной структуры города, с технологией городских вычислений. Такой подход даст возможность спрогнозировать перспективы развития населенных пунктов и обеспечить их рациональную реализацию с минимизацией затрат.

Practical creation of a system for compiling data from Internet of Things devices

[1]Kasatikov N.N., [1]Fadeeva A.D., [1]Brekhov O.M., [2]Cibin A.V., [3]Belonogova E.A.
[1]MAI, [2]NII TP, Moscow; [3]ULSU, Ulyanovsk, Russia

Recently, in connection with the emergence of a trend of digitalization of industrial processes and the intensive development of information technologies, the issues of using IoT technologies in the development of a smart city are receiving more and more demand.

Since the development of Digital Twin is a relatively young direction, within this framework it is advisable to use the methodology of the product approach for the processes of developing innovative products. A product-based approach to software development aimed at enterprise digitalization ensures the elimination of design errors at an early stage through iterative research and necessary calculations. Unlike the traditional approach, the plan for the process of achieving the result is not strictly regulated, which provides flexibility in development and the possibility of making changes at almost any stage of the project, as well as accelerating the implementation of proactive work.

The main methods of digital transformation of an enterprise through the introduction of a product approach include grouping of work around the end result, continuous monitoring of product metrics determined before the start of Digital Twin development, and the creation of a cross-functional product group to work on an innovative product.

A multitude of all kinds of sensors generate a huge amount of data every day, containing extensive knowledge about the city and urban infrastructure. Their processing and analysis will solve many problems, but only if they are correctly collected, analyzed and applied.

City computing software systems allow combining sensor technologies, advanced methods of collecting, processing and analyzing and visualizing data to prepare solutions in order to improve the quality of life of the population, improve the infrastructure of the settlement.

In order to understand and analyze the existing implicit patterns that make it possible to understand the essence of the phenomena occurring in the life of the city, it is necessary to combine the technologies of digital twins, in our case, the digital twin of the spatial structure of the city, with the technology of urban computing. This approach will make it possible to predict

Сравнительный анализ некоторых языков программирования при разработке программного обеспечения в авиационной отрасли

Качалин В.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В современном мире практически всё является программируемым, в том числе оборудование, используемое в ЛА. Авиационная отрасль очень тщательно подходит к разработке ПО.

Для обеспечения объективного подхода к выбору языка программирования (ЯП) необходимо выбрать критерии, по которым будут сравниваться языки: безопасность (в контексте статьи подразумевается типобезопасность и особенности работы с памятью), производительность (для этого мной были написаны программы сортировки массива размером 50000 элементов с помощью алгоритма Gnome), порог вхождения и год выхода последней версии.

Выбор подходящего ЯП будет происходить из следующего списка: Ada, Assembler, Java, Python. Список сформирован случайным образом из языков, представляющих различные классы ЯП.

Ada – специализированный язык, созданный для встроенных военных систем. Данный ЯП обладает зашитой от ошибок при работе с памятью и проверкой её доступности во время

выполнения. Относительно типобезопасности Ada является языком со строгой типизацией. Сортировка массива прошла за 4197 мс, что является приемлемым результатом. Слабые стороны языка – порог входа, так чтобы начать с ним работать требуется знать почти весь язык; и поддержка со стороны разработчика – последняя версия вышла в 2012 году.

Assembler – язык близкий к аппаратному обеспечению (АО) из-за чего он обладает высокой скоростью, что подтверждает тест сортировкой – 742 мс. Однако, этот язык не безопасный в разработке и требует высокой квалификации программиста. Еще одним недостатком является то, что разработчики АО не выпускают обновления для него.

Java – кроссплатформенный язык, запускается на любых устройствах при наличии Java Virtual Machine (JVM). Язык обладает сборщиком мусора, что защищает от утечки памяти, также он обладает строгой типизацией. В тесте показал себя хорошо – 1535 мс. Java дружелюбнее к новичкам, чем предыдущие ЯП, что означает низкий порог вхождения. Последнее обновление вышло в 2021 году.

Python – интерпретируемый язык, обладает автоматическим управлением памятью и динамической типизацией. В тесте показал себя плохо – 51176 мс. Однако, это один из самых дружелюбных ЯП и активно развивающихся – последнее обновление в 2021 году.

В результате анализа открытых источников и проведенного эксперимента можно сделать вывод, что из данного списка, наиболее подходящим языком разработки в авиационной отрасли является язык Java. Стоит учесть, что при невозможности использовать JVM в проекте, выбор однозначно падает на язык Ada.

Comparative analysis of some programming languages in software development in the aviation industry

Kachalin V.S.
MAI, Moscow, Russia

In the modern world, almost everything is programmable, including the equipment used in aircraft. The aviation industry is very careful about software development.

To ensure an objective approach to the choice of a programming language (PL), it is necessary to choose the criteria by which languages will be compared: safety (in the context of the article it's type safety and features of working with memory), performance (for this I wrote programs for sorting an array of 50000 elements using Gnome algorithm), entry threshold and release year of the latest version.

The choice of a suitable PL will come from the following list: Ada, Assembler, Java, Python. The list is randomly generated from languages representing different classes of language programming.

Ada is a specialized language designed for embedded military systems. This PL is protected from errors when working with memory and checking its availability at runtime. In terms of type safety, Ada is a strongly typed language. The array was sorted in 4197 ms, which is an acceptable result. The weaknesses of the language are the entrance threshold, so to start working with it you need to know almost the entire language; and support from the developer – the last version was released in 2012.

Assembler is a language close to hardware due to which it has a high speed, which is confirmed by the sorting test – 742 ms. However, this language is not safe in development and requires high qualifications of the programmer. Another disadvantage is that the hardware developers do not release updates for it.

Java is a cross-platform language that runs on any device with a Java Virtual Machine (JVM). The language has a garbage collector that protects against memory leaks, and it also has strong typing. It showed itself well in the test – 1535 ms. Java is friendlier to newbies than previous programming languages, which means a low barrier to entry. The last update came out in 2021.

Python is an interpreted language with automatic memory management and dynamic typing. It performed poorly in the test – 51176 ms. However, this is one of the friendliest and actively developing languages – the last update in 2021.

As a result of the analysis of open sources and the conducted experiment, we can conclude that from this list, the most suitable language for development in the aviation industry is Java. It is worth

considering that if it is impossible to use the JVM in the project, the choice definitely falls on the Ada.

Моделирование электризации бортовых кабелей космических аппаратов

Кириллов В.Ю., Томилин М.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Электризация изоляционных диэлектрических материалов кабелей бортовой сети космических аппаратов и как следствие возникновение электростатических разрядов с диэлектрических материалов на экранирующие электропроводные покрытия, возникает при воздействии магнитосферной плазмы. Появление электростатических разрядов приводит к ухудшению качества функционирования бортовых приборов и устройств космических аппаратов. Основным средством защиты бортовых кабелей космических аппаратов от радиационной электризации являются экранирующие покрытия в виде плетеных экранов. Для предотвращения электризации необходимо обеспечивать такое заполнение плетеного экрана кабеля, при котором не происходит существенного накопления зарядов на внутреннем изоляционном диэлектрическом слое кабеля и возникновения электростатических разрядов. Целью моделирования процессов накопления электростатических зарядов на внутренней изоляции экранированных кабелей является определение зависимости скорости накопления электростатических зарядов от параметров плетеного экрана, при различных значениях плотности электронного тока, имитирующего воздействие магнитосферной плазмы.

Исследование скорости накопления электростатических зарядов проводилось для значений плотностей электронных токов в диапазоне 10-100 пА/см^2. В результате моделирования получены диаграммы зависимости скорости накопления электростатических зарядов на внутреннем изоляционном материале бортового кабеля с плетеным экраном от изменения угла плетения экрана в пределах от 6° до 48° и при изменении диаметра проволоки плетения в интервале от 60 до 120 мкм. Полученные диаграммы позволяют выбирать параметры плетеных экранов бортовых кабелей, ограничивающие скорость тока электризации до требуемых значений при заданной плотности тока электризации.

Simulation of electrification of spacecraft onboard cables

Kirillov V.Yu., Tomilin M.M.
MAI, Moscow, Russia

Electrification of insulating dielectric materials of spacecraft on-board network cables and, consequently, the occurrence of electrostatic discharges from dielectric materials to shielding conductive coatings, occurs when exposed to magnetospheric plasma. The appearance of electrostatic discharges leads to a deterioration in the quality of functioning of on-board instruments and spacecraft devices. The main means of protecting spacecraft onboard cables from radiation electrification are shielding coatings in the form of braided screens. To prevent electrification, it is necessary to ensure that the braided cable screen is filled in such a way that there is no significant accumulation of charges on the inner insulating dielectric layer of the cable and the occurrence of electrostatic discharges. The purpose of modeling the processes of accumulation of electrostatic charges on the internal insulation of shielded cables is to determine the dependence of the rate of accumulation of electrostatic charges on the parameters of the braided screen, at different values of the electron current density, simulating the effect of magnetospheric plasma. The study of the rate of accumulation of electrostatic charges was carried out for the values of electron current densities in the range of 10-100 pA/cm^2. As a result of the simulation, diagrams of the dependence of the rate of accumulation of electrostatic charges on the internal insulating material of an onboard cable with a braided screen on a change in the braiding angle of the screen in the range from 6° to 48° and with a change in the diameter of the braiding wire in the range from 60 to 120 μm were obtained. The obtained diagrams allow you to select the parameters of the braided screens of the on-board cables that limit the electrification current rate to the required values for a given electrification current density.

Подавление сверхвысокочастотных помех в электрических цепях летательных аппаратов

Кириллов В.Ю., Торлупа А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Летательные аппараты в полете могут подвергаться воздействию сверхвысокочастотных электромагнитных полей с высокой напряженностью или с большой плотностью мощности. Проникая через неоднородности корпуса летательного аппарата, внешние электромагнитные поля наводят в электрических цепях бортовых приборов и устройств токи и напряжения, действующие значения и мощность которых в нагрузке может превышать допустимые уровни.

Для защиты чувствительных элементов бортовых приборов и устройств применяются низкочастотные фильтры с сосредоточенными параметрами.

Фильтры с рассчитанными, на основе заданных условий параметрами эффективно подавляют противофазные и синфазные помехи в виде наведенных токов и напряжений в электрических цепях в заданной области сверхвысоких частот 300 МГц-3ГГц. Эффективность подавления помех составляет от 15 до 30 дБ в зависимости от частотного диапазона. Исследование путей обеспечения помехоустойчивости электрических цепей с помощью низкочастотных фильтров защиты от сверхвысокочастотных помех состоит из следующих последовательно выполняемых этапов: расчет частотных характеристик низкочастотных фильтров; экспериментальное исследование частотных характеристик фильтров; построение частотных характеристик эффективности подавления противофазных и синфазных сверх высокочастотных помех фильтрами; сравнение расчетных и экспериментальных характеристик и формирование рекомендаций по выбору параметров фильтров;

Полученные при проведении экспериментальных исследований результаты подтверждают эффективность применения низкочастотных фильтров электрических цепей летательных аппаратов.

Разработанная методика экспериментальной проверки эффективности фильтров защиты электрических цепей летательных аппаратов позволяет оценивать помехозащищенность электрических цепей летательных аппаратов от воздействия сверх высокочастотных электромагнитных полей.

Suppression of microwave interference in electrical circuits of aircraft

Kirillov V.Yu., Torlupa A.A.
MAI, Moscow, Russia

Aircraft in flight can be exposed to microwave electromagnetic fields of high strength or high power density. Penetrating through the inhomogeneities of the aircraft body, external electromagnetic fields induce currents and voltages in the electrical circuits of on-board instruments and devices, the effective values and power of which in the load may exceed the permissible levels.

To protect the sensitive elements of on-board instruments and devices, low-frequency filters with lumped parameters are used.

Filters with parameters calculated on the basis of specified conditions effectively suppress antiphase and common-mode interference in the form of induced currents and voltages in electrical circuits in a given region of ultrahigh frequencies of 300 MHz-3GHz. Interference suppression efficiency ranges from 15 to 30 dB, depending on the frequency range. The study of ways to ensure the noise immunity of electrical circuits using low-frequency filters for protection against ultra-high-frequency interference consists of the following successive stages: calculation of the frequency characteristics of low-frequency filters; experimental study of the frequency characteristics of filters; construction of frequency characteristics of the effectiveness of suppression of antiphase and in-phase super-high-frequency interference filters; comparison of calculated and experimental characteristics and the formation of recommendations for the selection of filter parameters;

The results obtained in the course of experimental studies confirm the effectiveness of the use of low-frequency filters for electrical circuits of aircraft.

The developed method of experimental verification of the effectiveness of filters for the protection of electrical circuits of aircraft makes it possible to assess the noise immunity of electrical circuits of aircraft from exposure to ultra-high-frequency electromagnetic.

Использование метода Монте-Карло и генетического программирования для получения математической модели метода эволюционного согласования решений

[1]Клименко В.А., [2]Мирахмедов Р.О.
[1]УрФУ, г. Екатеринбург, Россия;
[2]Lean Minds Inc., г. Калгари, Канада

В Московском авиационном институте развивается новая информационная технология. Она основывается на методе эволюционнного согласования решений. Трехстадийная схема этого метода выглядит следующим образом. Допустим, мы имеем некоторую задачу, разбитую на подзадачи. Мы поодиночке, не советуясь друг с другом, должны на первой стадии метода дать ответ на каждую из подзадач, либо дать на нее ответ «не знаю». Компьютер составляет списки ответов на каждую подзадачу. Составленные списки отправляются на второй стадии каждому участнику по тем подзадачам, на которые он дал ответ «не знаю». Он либо выбирает правильный, по его мнению, ответ, либо снова дает ответ «не знаю». На третьей стадии компьютер составляет списки победивших ответов на каждую подзадачу по большинству голосов. Если большинства нет, то считается, что группа на эту подзадачу дала ответ «не знаю».

Допустим, мы знаем среднюю по группе вероятность генерирования правильных ответов на первой стадии, а также среднюю вероятность ошибочных ответов. Допустим, мы знаем также средние вероятности правильной и ошибочной экспертизы ответов. Требуется построить математическую модель зависимости вероятности правильных и ошибочных решений у группы участников от этих четырех исходных средних вероятностей и числа членов группы.

Ясно, что эта задача не простая, и для ее решения мы использовали метод Монте-Карло и генетическое программирование. Вначале задавались случайные комбинации значений четырех исходных вероятностей. Число участников группы равно трем. Далее с помощью генератора случайных чисел с учетом этих вероятностей составлялась таблица ответов участников на первой стадии. Ответы кодировались так: единица – это правильный ответ, нуль – это ответ «не знаю» и минус единица – это ошибочный ответ. Далее по каждой подзадаче формировались списки возможных ответов, то есть всевозможные комбинации нулей, единиц и минус единиц. На второй стадии с помощью генератора случайных чисел имитировался выбор из этого списка участником правильного или ошибочного ответа для подзадачи, на которую он ответил «не знаю». При этом учитывались его способности к правильной или ошибочной экспертизе. На третьей стадии по большинству голосов оценивался ответ группы. Вероятности правильных и ошибочных ответов группы усреднялись по одному миллиону Монте-Карловских расчетов. Таким образом, была составлена обучающая выборка для генетического программирования.

Для восстановления искомой математической модели была использована оригинальная схема организации этапов проведения генетического программирования, позволяющая свести бинарное дерево к последовательности простейших, состоящих из трех операндов арифметических операций сложения, вычитания и умножения.

Была получена зависимость вероятности правильного решения одного из трех участников от исходных вероятностей, характеризующих среднего участника группы. Для получения вероятности правильного решения группы была использована математическая модель Кондорсе. Аналогичным образом была получена зависимость вероятности ошибочного решения группы от исходных параметров.

Анализ этих зависимостей показал, что в зависимости от трудности задачи для участников со средними способностями происходит значительное увеличение вероятности правильного решения группы по сравнению со средней вероятностью по группе. Так, например, для средней по трудности задачи наблюдается увеличение этой вероятности от 0,5 до 0,93. Вероятность ошибочного решения снижается от 0,2 до 0,03.

Using the Monte Carlo method and genetic programming to obtain a mathematical model of evolutionary reconciliation of decisions

[1]Klimenko V.A., [2]Mirakhmedov R.O.

[1]UrFU, Ekaterinburg, Russia;

[2]Lean Minds Inc, Calgary, Canada

New information technology is being developed at MAI. It is based on the method of evolutionary reconciliation of decisions.

Let's say we know the group's average probability of generating correct answers at the first stage, as well as the average probability of erroneous answers. Suppose we also know the average probabilities of correct and erroneous examination of the answers. It is required to construct a mathematical model of the dependence of the probability of correct and erroneous decisions for a group of participants on these four initial average probabilities and the number of group members.

It is clear that this problem is not easy, and to solve it we used the Monte Carlo method and genetic programming. First, random combinations of the values of the four initial probabilities were set. The group has three members. Then, using a random number generator, taking into account these probabilities, a table of participants' answers at the first stage was compiled. The answers were coded like this: one is the correct answer, zero is the “don't know” answer, and minus one is the wrong answer. Further, for each subproblem, lists of possible answers were formed, that is, all kinds of combinations of zeros, ones, and minus ones. At the second stage, a random number generator was used to simulate a participant's choice of a correct or incorrect answer for a subtask to which he answered “I don’t know”. At the same time, his ability to make a correct or erroneous examination was taken into account. At the third stage, the response of the group was evaluated by the majority of votes. The group's probabilities of correct and incorrect answers were averaged over one million Monte Carlo calculations. Thus, a training sample for genetic programming was compiled.

To restore the desired mathematical model, an original scheme for organizing the stages of genetic programming was used, which allows reducing a binary tree to a sequence of the simplest ones, consisting of three operands of arithmetic operations of addition, subtraction and multiplication.

The dependence of the probability of the correct decision of one of the three participants on the initial probabilities characterizing the average participant in the group was obtained. To obtain the probability of the correct solution of the group, the mathematical model of Condorcet was used. In a similar way, the dependence of the probability of an erroneous decision of the group on the initial parameters was obtained.

The analysis of these dependencies showed that, depending on the difficulty of the problem for participants with average abilities, there is a significant increase in the probability of correct solution of the group in comparison with the average probability for the group. So, for example, for a problem of average difficulty, there is an increase in this probability from 0.5 to 0.93. The probability of a wrong decision is reduced from 0.2 to 0.03.

Алгоритм состязательного построения обучающей выборки для повышения качества распознавания объектов

[1]Князь В.В., [2]Галиханов С.К.

[1]ГосНИИАС, [2]МАИ, г. Москва, Россия

Для успешного обучения нейронной сети требуются обширные и разнообразные обучающие выборки. По сравнению со сбором данных путём натурных экспериментов, трёхмерное моделирование позволяет создавать большие наборы данных с меньшими материальными и временными затратами. Однако реалистичность обучающих выборок, построенных методами трёхмерного моделирования, в значительной степени зависит от профессионализма моделиста. Также открытым остаётся вопрос: как отобрать такие условия трёхмерного моделирования, которые обеспечат наиболее высокое качество алгоритма распознавания, обученного на выборке.

В данной статье рассматривается алгоритм, базирующийся на состязательном обучении с подкреплением нейросети обнаружения объектов против нейросети-контроллера, отвечающей за выбор параметров трёхмерного моделирования. Контроллер изменяет

параметры имитатора окружения для создания обучающей выборки. Цель контроллера – максимизировать функцию потерь нейросети обнаружения объектов на этапе обучения.

Рассматривается гипотеза о том, что подобный алгоритм обучения позволяет минимизировать ошибки нейросети обнаружения объектов на этапе тестирования на реальных данных.

Произведена программная реализация предложенного алгоритма на языке Python с использованием библиотеки PyTorch. В качестве нейросети обнаружения объектов использована нейросеть YOLOv3 [1]. Произведена разработка имитатора окружения с использованием среды трёхмерного моделирования Unreal Engine 4. Результаты тестирования показывают, что нейросеть YOLOv3, обученная с использованием разработанного алгоритма, превосходит качество работы аналогичной сети, обучавшейся исключительно на реальных данных.

[1] Redmon J., Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement //arXiv preprint arXiv:1804.02767. – 2018.

Adversarial dataset generation algorithm for improvement of an object detection score

[1]Kniaz V.V., [2]Galikhanov S.K.

[1]GosNIIAS, [2]MAI, Moscow, Russia

To successfully train a neural network, extensive and varied training sets are required. Compared to collecting data through field experiments, 3D modeling allows you to create large datasets with less material and time costs. However, the realism of training samples constructed by three-dimensional modeling methods largely depends on the professionalism of the modeler. The question also remains open: how to select such conditions for three-dimensional modeling that will ensure the highest quality of the recognition algorithm trained on a sample.

This article discusses an algorithm based on adversarial learning with reinforcement of a neural network for detecting objects against a neural network controller, which is responsible for choosing the parameters of three-dimensional modeling. The controller changes the parameters of the simulated environment to create a training sample. The goal of the controller is to maximize the loss function of the object detection neural network at the training stage.

The hypothesis is considered that such a learning algorithm allows minimizing the errors of the neural network of object detection at the stage of testing on real data.

The software implementation of the proposed algorithm in Python using the PyTorch library has been made. The YOLOv3 neural network was used as a neural network for object detection [1]. An environment simulator was developed using the 3D modeling environment Unreal Engine 4. The test results show that the YOLOv3 neural network trained using the developed algorithm is superior to the performance of a similar network trained exclusively on real data.

[1] Redmon J., Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement //arXiv preprint arXiv:1804.02767. – 2018.

Разработка кроссплатформенного приложения анализа исходного кода ПО

Ковынев О.Р.

МАИ, г. Москва, Россия

Работа программистов в современном мире важна. В условиях быстро развивающихся технологий, всё больше отраслей требуют написания ПО для конкретных нужд, для оценки качества и количества труда программистов необходимо изучать исходный код программ, которые они написали.

Существуют так называемые «анализаторы кода», проверяющие проекты на уязвимости, существуют также программы, помогающие программистам понимать свои же проекты со стороны отчётности – объёма, качества и характеристик, но нет таких приложений, которые позволили бы предприятию упростить работу заверяющих исходный код ПО органов.

Целью работы является разработка программного решения, представляющего собой приложение, которое по входным файлам с исходным кодом формирует на выходе таблицу, описывающую особенности каждого источника: количество строк программного кода,

записей с комментариями, строк, не содержащих в себе никаких символов (пустых строк) и контрольную сумму файла. Для достижения этой цели приложение должно построчно считывать и обрабатывать каждый данный ей файл. Оно предоставляет возможность не только выбора файлов для обработки по отдельности, но и добавления папок целиком.

Также, для юридического оформления проектов и для удобства работы бухгалтеров, конечная таблица содержит хеш-сумму каждого файла и может быть выгружена в формате данных, разделённых запятыми, для дальнейшей обработки.

Данная работа предназначен для предприятий со сдельной формой оплаты, фирм, которые официально заверяют свои разработки, и для частного пользования с целью оценки своей работы.

Development of a cross-platform software source code analysis application

Kovynev O.R.
MAI, Moscow, Russia

The work of programmers in the modern world is important. In the conditions of rapidly developing technologies, more and more industries require writing software for specific needs; in order to assess the quality and quantity of programmers' work, it is necessary to study the source code of the programs they wrote.

There are so-called "code analyzers" that check projects for vulnerabilities, there are also programs that help programmers understand their own projects from the point of view of reporting - volume, quality and characteristics, but there are no applications that would allow an enterprise to simplify the work of authorities that certify the source code of software.

The aim of the work is to develop a software solution, which is an application that, based on the input files with the source code, forms a table at the output that describes the features of each source: the number of lines of program code, records with comments, lines that do not contain any characters (empty lines), and checksum of the file. To achieve this, an application must read and process each file given to it line by line. It provides the ability not only to select files for processing separately, but also to add entire folders.

Also, for the legal registration of projects and for the convenience of accountants' work, the final table contains the hash-sum of each file and can be downloaded in a comma-separated data format for further processing.

This work is intended for enterprises with a piece-rate form of payment, firms that officially certify their developments, and for private use in order to evaluate their work.

Архитектура системы метауправления правами доступа и инструменты BML для её реализации в проекте BlockSet

Козырев Н.А., Кейно П.П.
МАИ, г. Москва, Россия

В наши дни разработка веб-приложений – очень распространенная, но не всегда простая задача. Особенно, если мы говорим о полнофункциональном динамическом веб-приложении с неограниченным количеством страниц, а также о способности выдерживать большие нагрузки, присущие такого рода проектам.

Использование языков программирования общего назначения для реализации логики серверной части имеет большой порог входа, а традиционные CMS и PL фреймворки не обеспечивают достаточной гибкости. Самым правильным решением в такой ситуации было бы использование DSL-подобных языков, которые просты в использовании и в то же время обладают широкими возможностями из-за того, что они предварительно ориентированы на решение проблем, специфичных для предметной области. Однако на данный момент готовых решений очень мало. При изучении существующих решений WebDSL оказался наиболее близким к BlockSet по функциональности, но у него есть ряд недостатков, унаследованных от языка реализации этого проекта – Java, таких как высокие затраты производительности и необходимость установки Java-машины.

Проект BlockSet выгодно отличается от конкурентов, решая описанные выше проблемы без потери гибкости и производительности и предоставляет инструменты для реализации каждого из этапов создания динамических веб-приложений. Одним из основных таких инструментов является декларативный, высокоуровневый, предметно-ориентированный язык BML, основанный на семантически нейтральном XML. Этот язык используется для описания внутренней логики взаимодействия пользовательских запросов и базы данных, предоставляя широкие возможности для реализации этой задачи, а его интерпретатор написан на относительно низкоуровневом языке C ++, что способствует повышению производительности и обеспечивает кроссплатформенность этого решения без излишних затрат на выполнение.

Помимо инструмента описания логики серверной части, проект BlockSet также предоставляет гибкую систему мета-управления правами доступа, важно предоставить пользователю возможность реализовать систему таким образом, чтобы для каждого пользователя, от которого приходит http-запрос, разрешения для каждого информационного фрагмента в базе были строго определены. Эта проблема уже поднималась в предшествующих исследованиях на эту тему, но в то время не было возможности найти полное и исчерпывающее решение проблемы. Очевидно, что возможность описания этой системы должна присутствовать и в языке BML, поскольку задача определения прав конкретного пользователя, на выполнение конкретной операции с конкретным фрагментом данных напрямую связана с логикой работы база данных в целом. При постановке задачи стоит еще раз уточнить, что вся система, а также инструменты BML для ее реализации, о конструкции которых пойдет речь в этой статье, направлены не на управление правами доступа веб-приложения, но на создание среды, в которой было бы удобно ее реализовать и управлять, что уже является сложной и малоизученной задачей, но помимо этого требовалось также соблюдение основных принципов проекта BlockSet, такие как гибкость, достаточная для воссоздания ~ 80% рунета и низкий порог вхождения.

Permissions meta-management architecture and BML tools for its implementation in the BlockSet project

Kozyrev N.A., Keyno P.P.
MAI, Moscow, Russia

Web application development these days is a very common, but not always easy task. Especially when we are talking about a fully functional dynamic web application with an unlimited number of pages, as well as the ability to withstand hi loads inherent in this kind of projects.

The use of general-purpose programming languages for implementing the logic of the server side has a large entrance threshold, and traditional CMS and PL frameworks do not provide sufficient flexibility. The most correct solution in such a situation would be to use DSL-like languages, which are easy to use and at the same time have extensive capabilities due to the fact that they are pre-oriented for solving domain-specific problems. However, at the moment there are very few ready-made solutions. When studying existing solutions, WebDSL turned out to be the closest to BlockSet in functionality, but it has a number of disadvantages inherited from the implementation language of this project – Java, such as high performance costs and the need to install a Java machine.

The BlockSet project compares favorably with competitors, solving the problems described above without loss of flexibility and performance and provides tools for implementing each of the stages of creating a dynamic web applications. One of the most basic of such tool is the declarative, high-level, domain-specific language BML, based on semantically neutral XML. This language is used to describe the back-end logic of user requests, and the resource database, providing extensive opportunities for the implementation of this task, and its interpreter is written in a relatively low-level C ++ language, which contributes to performance and ensures the cross-platform of this solution without unnecessary labor costs.

In addition to the tool for describing the logic of the server side, the BlockSet project also provides a flexible permissions meta-management system, it is important to provide the user with the opportunity to implement the system in such a way that for each user from whom an http request comes, the permissions for each information fragment in the database are strictly defined. This

problem has already been raised in the precede researches, but at that time it was not possible to find a complete and comprehensive solution to the problem. Obviously, the possibility of describing this system should also be present in the BML language, since the task of determining the rights of a specific user, the right to perform a specific operation with a specific piece of data is directly related to the logic of the database in general. When setting the task, it is worthwhile to clarify once again that the entire system, as well as the BML tools for its implementation, the design of which will be discussed in this article, are aimed not at managing the access rights of a web application, but at creating an environment in which it woulf be comfortable to implement and manage it, which is already a difficult and little-studied task, but in addition to this, it was also required to comply with the basic principles of the BlockSet project, such as flexibility sufficient to recreate ~ 80% of Runet and a low entrance threshold.

Создание системы обеспечения учета и контроля защиты информации при передаче голосовой информации

Коновалов К.А., Балакирев Н.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Защита передаваемой и хранимой информации важна, о чем говорят упоминания проблем защиты в СМИ, но важнейшим является законодательный аспект, определяющий важность рядом документов. Кроме того, 2020 год показал важность и одновременно несовершенство механизмов удаленно управляемых систем и проблем ускоренной цифровой трансформации деятельности в организациях [1].

С защитой информации ситуация аналогична созданию вечного двигателя, которого нет и не будет: придумывают суперкоды, многоуровневую защиту и п.р. Доказано, что любой шифр вскрывается, это вопрос времени. Тут самым критичным является утечка кода программы, который далее подвергается тщательному анализу, после чего пользуются клоном или вносят исправление, позволяющее обойти защиту. Наличие единственного экземпляра кода для всех не позволяет определить виновника и место утечки информации. Оперативное исправление и латание взлома, также может быть оперативно проанализирована и труд по усилению защиты будет напрасным.

Имеется два пути: расплачиваться за неизбежную утечку информации; выстроить систему постоянного контроля и изменения применяемой защиты. Подобное есть в нашем обществе – система пожарной охраны: на первом месте профилактика и контроль соблюдения правил пожарной безопасности.

Именно на контроль и персонализацию пользования программой был сделан акцент при создании модельной системы «Голосовая почта».

Таким образом, целью работы является исследование, разработка и программная реализация способов защиты в рамках разрабатываемой модели программного решения «Голосовая почта» [2]. Объектом исследования являются существующие и разрабатываемые механизмы конфиденциальной передачи информации через Интернет по открытым каналам связи. Предметом исследования выступают методы и алгоритмы, реализующие защищенный процесс приема-передачи данных по сети Интернет.

К основным задачам, решаемым в рамках модели «Голосовая почта», следует отнести:

1. Защита на базе структуризации передаваемого потока амплитуд на базе качественного подхода к анализу данных и контроль за перемещением информации через механизм «водяных знаков», вкрапляемых через структуры, но сохраняющийся при восстановлении звукового потока из этих структур [2].
2. Индивидуализация программного кода через механизмы уникальных кода для пользователя, структур данных и протоколов передачи данных при обмене информацией между абонентами [3].
3. Создание системы учета и контроля программы, контроля среды использования кода и контроля процесса приема-передачи.
4. Создание моделей анализа и синтеза механизмов взлома программ и их проверка с «Голосовой почтой».

5. Внедрение и адаптация существующих и разрабатываемых методов защиты информации.

Литература:

1. Кибербезопасность АСУ ТП: исследование инцидентов за 2020 год, 24.03.2021 // https://www.infowatch.ru/.

2. Думанский А.И., Балакирев Н.Е., Зеленова М.В., Лазунин К.А., Фадеев М.М.. Распределенная система защитных механизмов программного комплекса «Голосовая почта» на базе структуризации звукового потока волн. XXI Международная научно-методическая конференция. Воронеж, 2021. С. 709-716.

3. Селиванов Д.А., Думанский А.И., Балакирев Н.Е.. Индивидуализация кода программ, учитываемых в депозитарии. Гагаринские чтения XLVII. Москва, 2021. С. 451-452.

Creation of a system for ensuring accounting and control of information protection during the transmission of voice information

Konovalov K.A., Balakirev N.E.

MAI, Moscow, Russia

Protection of transmitted and stored information is important, as evidenced by references to protection problems in the media, but the most important is the legislative aspect, which determines the importance of documents. 2020 has shown the importance and at the same time imperfection of mechanisms of remotely controlled systems and problems of accelerated digital transformation of activities in organizations [1].

With information security, the situation is similar to the creation of a perpetual motion machine, which does not exist and will not be: they come up with supercodes, multi-level protection, etc. It has been proven that any cipher is broken, it is a matter of time. The most critical here is the leak of the program code, which is then subjected to a thorough analysis, after which a clone is used or a fix is made to bypass the protection. Having a single copy of the code for everyone does not allow us to determine the culprit and the location of the information leak. A quick fix and patching of a hack can also be quickly analyzed and the work of strengthening the protection will be in vain.

There are two ways: to pay for the inevitable leak of information; build a system of constant monitoring and changes in the applied protection. There is something similar in our society - the fire protection system: in the first place is prevention and control of compliance with fire safety rules.

It was on the control and personalization of the use of the program that the emphasis was placed on the creation of the "Voice Mail".

Thus, the aim of the work is to research, develop and implement software protection methods within the developed model of the "Voice Mail" [2]. The object of the research is the existing and developed mechanisms for the confidential transmission of information via the Internet. The subject of the research is the methods and algorithms that implement the secure process of receiving and transmitting data over the Internet.

Main tasks solved within the "Voice Mail" include:

1. Protection based on the structuring of the transmitted stream of amplitudes based on a qualitative approach to data analysis and control over the movement of information through the mechanism of "watermarks" interspersed through the structures, but preserved when the sound stream is restored from these structures [2].

2. Program code individualization through the mechanisms of unique code for user, data structures and data transfer protocols when exchanging information between subscribers [3].

3. Creation of a system of accounting and control of the program, control of the environment for using the code and control of the transmission and reception process.

4. Creation of models of analysis and synthesis of hacking mechanisms of programs and their verification with "Voice Mail".

5. Implementation and adaptation of existing and developed methods of information security.

References:

1. Cybersecurity of ICS: investigation of incidents for 2020, 03.24.2021 // https://www.infowatch.ru/.

2. Dumansky AI, Balakirev NE, Zelenova MV, Lazunin KA, Fadeev MM. Distributed system of defense mechanisms of the "Voice Mail" program based on the structuring of the sound stream of waves. XXI International Scientific and Methodological Conference. Voronezh, 2021. S.709-716.

3. Selivanov DA, Dumansky AI, Balakirev NE. Individualization of the code of programs accounted for in the depository. Gagarin's Readings XLVII. Moscow, 2021. S.451-452.

Применение искусственного интеллекта в управлении технологическими процессами

Коробков М.А., Васильев Ф.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время в производстве используется большое количество химических и электрохимических процессов. Контроль этих операций затруднителен в связи с большим количеством параметров, анализ которых может быть произведен только в лабораторных условиях. Однако, использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) может позволить создать интегрированные в производственный процесс методы контроля, что повлечет за собой более эффективное управление последним и повысить его качество, что в свою очередь, повлияет на цену выпускаемого изделия и его надежность.

В работе предпринята попытка создания цифрового участка травления печатных плат с применением технологий ИИ, Интернета вещей и больших данных с целью исследования определения их влияния на технологические процесс. Для выполнения поставленной задачи:

1. Исследован процесс организации информационного взаимодействия в цифровом участке, в том числе этапы: получения, фильтрации, обработки, хранения и отображения данных.

2. Предложена иерархическая архитектура цифрового производства, в качестве одного из преимуществ которой можно выделить снижение нагрузки на контроллер верхнего уровня (сервер) с помощью переноса задач на контроллеры нижнего и средних уровней [1].

3. Разработан прототип цифрового участка. Со стороны аппаратной составляющей, разработаны: структурная и принципиальные схемы, топологии печатных плат. С программной стороны, разработаны: архитектура сетевого взаимодействия, структура сервисов контроллеров среднего и нижнего уровней и их программное обеспечение, структуры баз данных для хранения информации с датчиков и информации об участке [2].

4. С помощью разработанного прототипа цифрового участка найдены первичные эмпирические взаимосвязи между параметрами технологического процесса.

Внедрение рассмотренных цифровых технологий предоставляет новые возможности для исследования технологических процессов, что позволит производству соответствовать растущим требованиям рынка, а проведенное исследование служит основанием для формирования неявных моделей процессов на основе методов машинного обучения.

Литература:

1. Коробков М.А. Исследование проблем создания цифрового производственного участка, Тезисы докладов 47-й Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения 2021», 2021.

2. Vasilyev, F.V.; Medvedev, A.M.; Barakovsky, F.A.; Korobkov, M.A. Development of the Digital Site for Chemical Processes in the Manufacturing of Printed Circuit Boards. Inventions 2021, 6, 48.

Application of artificial intelligence in the manufacturing process control

Korobkov M.A., Vasilyev F.V.

MAI, Moscow, Russia

Currently, a large number of chemical and electrochemical processes are used in manufacturing. The control of these operations is difficult due to many parameters, the analysis of which can only be performed under laboratory conditions. However, the use of artificial intelligence (AI) can allow the creation of control methods integrated into the manufacturing process, which will entail more efficient management of the latter and improve its quality, which will affect the price and reliability of the manufactured product.

An attempt was made to create a digital etching site for printed circuit boards using AI technologies, the Internet of Things, and Big Data to estimate their influence on the technological process. During research:

1. The process of organizing information interaction in a digital site has been investigated, including the stages: receiving, filtering, processing, storing and displaying data.

2. Hierarchical architecture of digital production has been proposed, one of the advantages of which is the reduction of the load on the upper-level controller (server) by transferring tasks to the controllers of the lower and middle levels [1].

3. A prototype of the digital site has been created. In the case of hardware part: structural and schematic diagrams, the topology of printed circuit boards are developed. In the case of the software part: the architecture of network interaction, the structure of services of controllers of the middle and lower levels and their software, and database structures for storing information from sensors and information about the site are developed [2].

4. With the help of the designed digital site, the primary empirical relationships between the manufacturing process parameters are found.

The introduction of the considered digital technologies provides new opportunities to investigate manufacturing processes, allowing production to meet the growing market requirements. In addition, the conducted research serves as the basis for the formation of implicit process models based on machine learning methods.

References:

1. Korobkov M.A. Study of the problems of creating a digital production site, Abstracts of the 47th International Youth Scientific Conference "Gagarin Readings 2021", 2021.

2. Vasilyev, F.V.; Medvedev, A.M.; Barakovsky, F.A.; Korobkov, M.A. Development of the Digital Site for Chemical Processes in the Manufacturing of Printed Circuit Boards. Inventions 2021, 6, 48.

Риски безопасности в условиях усиления роли цифровизации и автоматизации авиатранспорта: Сшибка условных рефлексов, переучивание и неконгруэнтность функционирования экипажа воздушного судна и наземных служб

Кузина Н.В.

ЦИПБ РАН, г. Москва, Россия

В образовании используются технологии VR. Первой отраслью было авиационное. Учебный процесс в авиаотрасли, в связи с увеличивающимся количеством катастроф по причине отсутствия слаженности в работе, неверных решений операторов, может быть усовершенствован за счет приемов командной работы на тренажерах VR по образцу взаимодействия в киберспорте, прежде всего при переучивании.

Произведен анализ причин авиакатастроф по данным МАК за 50 лет: https://www.mak-iac.org/. Учитывались факты наличия переучивания пилотов на различные модификации воздушного судна одного или различных производителей и модельных рядов, переход в профессию из других специальностей. Оба случая увеличивают риск нестандартных действий члена экипажа в экстремальной ситуации, влияние на безопасность полетов данного факта может быть, как положительным, так и отрицательным.

Проводился также анализ учебной литературы для летного состава, анализ использования в процессе подготовки летных и диспетчерских кадров систем искусственного интеллекта и VR в ходе групповых занятий на тренажерах.

Авиатранспорт связан с наибольшей ответственностью эксплуатантов и операторов. Многие катастрофы по данным анализа и реконструкций МАК возникают в результате срабатывания автоматизированного навыка, выработанного на ином виде техники (например, ЯК 40 и ЯК 42 – различная модель нажатия ноги на педаль «газа/снижения скорости» для изменения скорости – носком ноги или всей поверхностью ступни, вызывающая риск катастроф в экстремальной ситуации).

В случае работы в команде всё еще не используются и законодательно не легитимизированы, как правило, методы VR, позволяющие сформировать слаженную работу

специалистов разных профилей подготовки, разного уровня образования и практического опыта.

Не учитывается необходимость перманентного, непрерывного «переучивания» при появлении новых технических средств, ситуация срабатывания ранее сформированных навыков в случае возникновения жизнеугрожающей критической ситуации с необходимостью быстрой реакции (в ситуации витальной угрозы побеждает ранее выработанный условный или даже врожденный безусловный рефлекс), возникновение «сшибки» разнонаправленных и взаимоисключающих условных рефлексов. О терминах, процессах, методах симуляционного обучения на примере медицинских специальностей мы пишем отдельно. В ходе проведения тренингов VR необходимо нейропсихологическое тестирование летного состава, выявление устойчивости пространственного мышления, внимания, исключение формирования «туннельного эффекта» в экстремальной ситуации. Необходимо юридическое закрепление образовательной технологии командной работы в VR при подготовке кадров.

Safety risks in the context of the increasing role of digitalization and automation of air transport: Failure of conditioned reflexes, retraining for other vessel modifications, and incongruity in the functioning of the aircraft crew and ground services

Kuzina N.V.

CRPS RAS, Moscow, Russia

VR technologies are used in education. The first branch was aviation. The educational process in the aviation industry, due to the increasing number of accidents due to lack of coordination in work, incorrect decisions of operators, we can improve due to the techniques of teamwork on VR simulators according to the model of interaction in e-sports, primarily during retraining.

We analyzed the causes of air crashes according to the IAC for 50 years: https://www.mak-iac.org/. In addition, we considered the facts of pilot retraining for various aircraft modifications of one or different manufacturers and model series, transition to the profession from other specialties. Both cases increase the risk of non-standard actions of a crew member in an extreme situation. Therefore, the impact on flight safety of this fact can be both positive and negative.

We also analyzed educational literature for flight personnel and analyzed the use of artificial intelligence and VR systems in training flight and dispatch personnel during group exercises on simulators.

Air transport has the tremendous responsibility of operators and operators. Many disasters, according to the analysis and reconstructions of the MAC, arise as a result of the activation of a mechanical skill developed on a different type of technique (for example, YAK 40 and YAK 42 – different models of pressing the foot on the gas/speed reduction pedal to change the speed – with the toe or the entire surface feet, causing the risk of disasters in an extreme situation).

In the case of teamwork, as a rule, VR methods are not used and are not legally legitimized, as a rule, allowing to form a well-coordinated work of specialists of different training profiles, different levels of education, and practical experience.

Experts do not take into account the need for permanent, continuous "retraining" when new technical means appear, the situation of triggering previously formed skills in the event of a life-threatening critical situation with the need for a quick reaction (in a situation of vital threat, the previously developed conditioned or even innate unconditioned reflex wins), the emergence of a "collision" of multidirectional and mutually exclusive conditioned reflexes. We write separately about the terms, processes, and methods of simulation training using the example of medical specialties. In VR training, neuropsychological testing of flight personnel is needed, the identification of the stability of spatial thinking, attention, the exclusion of the formation of the "tunnel effect" in an extreme situation. Furthermore, we are obliged to ensure the legal consolidation of this educational technology of teamwork in VR during training.

Методы повышения точности и надежности навигационного комплекса аэропортового транспортного средства

Кузнецов И.М., Веремеенко К.К., Жарков М.В., Пронькин А.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

В связи с возрастающими темпами роста интенсивности полетов на сегодняшний день наблюдается ужесточение требований к обеспечению их надежности и безопасности, что, в свою очередь, приводит к необходимости повышения этих показателей [1], в частности, улучшения параметров точности и целостности навигационной информации, и использованию новых подходов для их реализации. Эти требования связаны также с необходимостью сокращения времени наземного обслуживания воздушных судов и возможностью функционирования аэропортового транспорта в условиях ограниченной видимости. Действующие в настоящее время системы (SMGCS) не всегда способны обеспечить обслуживание воздушным судам на должном уровне пропускной способности аэродромов.

В работе рассматривается навигационный комплекс аэропортового транспортного средства со структурой, описанной в [2], являющийся частью концепции построения усовершенствованной системы управления наземным движением и контроля за ним (A-SMGCS). Ввиду того, что одним из основных бортовых навигационных средств является приемник ГНСС, точность и помехозащищенность навигационного решения в связи с затенением и переотражением сигналов спутниковых радионавигационных систем, а также наличием широкого спектра радиотехнических помех в условиях аэропорта может значительно ухудшаться. В данном контексте под помехозащищенностью понимается устойчивость навигационного обеспечения к искажениям сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) вследствие влияния многолучевости. Известно большое число методов борьбы с многолучевостью [3]. Повышение характеристик навигационных средств аэропортового ТС в рассматриваемых условиях с целью удовлетворения международным авиационным нормативам [4, 5] является предметом исследования в рамках работы.

Приводится структура и алгоритмы комплексной обработки информации, критерии и условия переключения режимов работы комплекса, функционирующего с учётом наличия неголономных ограничений на кинематические параметры и динамику ТС и влияния многолучевости на базе принятой математической модели. Оцениватель параметров вектора состояния комплексной системы построен на базе жесткосвязанной схемы комплексирования перестраиваемой структуры, позволяющий снизить влияние многолучевости на точность и надежность определения навигационных параметров за счет использования модернизированных математических моделей погрешностей подсистем комплексной системы и предложенного подхода к формированию критериев перестройки алгоритма оценивателя.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

1. Doc 9830 AN/452 ICAO – Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual.

2. Кузнецов, И. М. Навигационный комплекс аэропортового транспортного средства / И. М. Кузнецов, А. Н. Пронькин, К. К. Веремеенко // Труды МАИ. – 2011. – № 47. – С. 14.

3. Методы повышения точности и помехозащищенности навигационного обеспечения транспортного средства / Д. А. Антонов, М. В. Жарков, И. М. Кузнецов, А. Ю. Чернодубов // Труды МАИ. – 2016. – № 90. – С. 13.

4. Радионавигационный план РФ 2019 [Электронный ресурс] – Электрон., текстовые дан. – Режим доступа: https://internavigation.ru/wp-content/uploads/2019/09/%D0%A0%D0%9D%D0%9F-%D0%A0%D0%A4-2019-2024_%D0%9F%D1%80.3296_04.09.19.pdf – 28.10.2021.

5. 2019 Federal radionavigation plan [Электронный ресурс] – Электрон., текстовые дан. – Режим доступа: https://www.navcen.uscg.gov/pdf/FederalRadioNavigationPlan2019.pdf – 28.10.2021.

Airport vehicle navigation system accuracy and reliability improving techniques

Kuznetsov I.M., Veremeenko K.K., Zharkov M.V., Pronkin A.N.
MAI, Moscow, Russia

Due to the increasing growth rates of flight intensity, today there are stricter requirements for ensuring their reliability and safety, which in turn leads to increased the necessity of these indicators [1], in particular, to improve the parameters of navigation data accuracy and integrity, and the use of new approaches for their implementation. These requirements are also related to the need to reduce the time of ground handling of aircraft and the possibility of operating airport transport in conditions of limited visibility. Currently operating systems (SMGCS) are not always able to provide service to aircraft at the proper level of airport capacity.

The paper considers the navigation system of an airport vehicle with the structure described in [2], which is part of the Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) concept design. Due to the fact that one of the main onboard navigation aids is a GNSS receiver, the accuracy and noise immunity of the navigation solution can significantly decrease due to the shading and re-reflection of signals from satellite radio navigation systems, as well as the presence of a wide range of radio interference in airport conditions. In this context, noise immunity is understood as the stability of navigation software to distortion of navigation spacecraft signals due to the influence of multipath. A large number of multipath mitigating techniques are known [3]. Improving the airport vehicle navigation aids performance in the considered conditions in order to meet international aviation standards [4, 5] is the subject of research within the work.

The complex information processing structure and algorithms, system operation switching modes criteria and conditions, functioning taking into account the presence of non-holonomic constraints on the kinematic parameters and dynamics of the vehicle and the influence of multipath on the basis of the accepted mathematical model, are given. The system state vector parameters estimator is designed on the basis of tunable structure tightly coupled scheme of integration, which allows reducing the influence of multipath on determining navigation parameters accuracy and reliability with the use of upgraded mathematical error models of complex system subsystems and the proposed approach for the estimator algorithm adjustment criteria formation.

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher education of the Russian Federation (theme No. FSFF-2020-0015).

1. Doc 9830 AN/452 ICAO – Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual.

2. Kuznetsov, I. M. Navigation complex for airport vehicle / I. M. Kuznetsov, A. N. Pron'kin, K. K. Veremeenko // Trudy MAI. – 2011. – No 47. – P. 14.

3. Vehicle navigation system accuracy and noise immunity improvement techniques / Antonov D. A., Zharkov M. V., Kuznetsov I. M., Tchernodoubov A. Y. // Trudy MAI. – 2016. – No 90. –P. 13.

4. Radionavigation plan of RF 2019 [Electronic source] – Electr., text data. – Access mode: https://internavigation.ru/wp-content/uploads/2019/09/%D0%A0%D0%9D%D0%9F-%D0%A0%D0%A4-2019-2024_%D0%9F%D1%80.3296_04.09.19.pdf – 28.10.2021.

5. 2019 Federal radionavigation plan [Electronic source] – Electr., text data. – Access mode: https://www.navcen.uscg.gov/pdf/FederalRadioNavigationPlan2019.pdf – 28.10.2021.

Технологии IoT в авиации

Кузьмичев А.Н., Морозов А.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе рассматриваются сферы авиационной индустрии, где уже успешно применены технологии интернет-вещей, и сферы, где данные технологии только начинают внедряться. Выполнен небольшой обзор истории интернет-вещей для понимания, почему же эта технология так востребована в авиации. Проанализирован опыт крупных западных авиакомпаний (EasyJet, VirginAtlantic, Lufthansa) и аэропортов, где используется Internet of Things (IoT) (Хельсинки, Лондон, Майами, различные аэропорты Индии, Китая, Австралии и Объединенных Арабских Эмиратов). В каждом из перечисленных аэропортов концепция IoT реализована определенным образом. Выполнен сбор материалов, покрывающих

подавляющую часть IoT инноваций в авиасфере и грузовой авиалогистике. Подробно изучены концепции внедрения носимых устройств на примерах компаний EasyJet, чьи сотрудники повсеместно используют их, и Lusthansa, чьи IoT разработки позволяют контролировать исправность узлов самолета в режиме онлайн по беспроводной сети. Альтернативную цель преследуют IoT разработки от другой компании с мировым именем – Airbus. Разработанная в ней система Connected aircraft, представленная в 2018 году, ставит своей целью сбор данных о пассажирах и членах экипажа через датчики, находящиеся в салоне, с целью улучшения сервиса и его персонификации. Данная технология была успешно протестирована на A350-900 Flight Lab в конце 2019 года. Особое внимание уделяется таким отраслям как грузовая авиация и перевозка животных. В работе выполняется анализ будущего IoT в данных отраслях, основываясь на прогнозах экспертов.

Internet of Things technologies in aviation

Kuzmichev A.N., Morozov A.Yu.
MAI, Moscow, Russia

The report examines the areas of the aviation industry where Internet of Things technologies have already been successfully applied and areas where these technologies are just beginning to be implemented. A short review of the history of Internet of Things has been done to understand why this technology is so in demand in aviation. The experience of big Western airlines (EasyJet, VirginAtlantic, Lufthansa) and airports where the Internet of Things is used is analyzed. (Helsinki, London, Miami, various airports in India, China, Australia and the United Arab Emirates). In each of the listed airports the IoT concept is implemented in its own way. The collection of materials covering the vast majority of IoT innovations in the aviation sphere and cargo aviation has been carried out. The concepts of the introduction of wearable devices have been studied in detail using the examples of EasyJet companies whose employees use them everywhere, and Lusthansa whose IoT developments allow monitoring the serviceability of aircraft components online over a wireless network. An alternative goal is pursued by IoT developments from another worldwide-known company - Airbus. The Connected Aircraft system developed in it which was introduced in 2018 aims to collect data about passengers and crew members through sensors located in the cabin in order to improve the service and its personification. This technology was successfully tested on the A350-900 Flight Lab at the end of 2019. Special attention is paid to such industries as cargo aviation and animal transportation. The report analyzes the future of IoT in these industries based on expert forecasts.

Разработка информационного портала кафедры вуза

Лунева С.Ю., Каадзе А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время каждая организация имеет собственное веб-представление. В условиях использования современных информационных технологий – это необходимый фактор для доступности связи, поиска необходимых сведений и материалов. Портал кафедры вуза служит для эффективной системы работы с информацией, обеспечивает внутренние потребности кафедры и предоставляет необходимые сведения студентам, аспирантам и сотрудникам. В связи с пандемией COVID-19 и необходимостью перехода на дистанционный режим работы наличие веб-представления портала кафедры улучшает доступность передачи информации.

Работа посвящена разработке портала кафедры вуза, включая построение архитектуры веб-представления, реализацию базы данных для хранения и предоставления необходимой информации, разработку интерфейса и системы криптозащиты. В состав веб-представления портала кафедры входят следующие основные разделы: «О кафедре», «Учебная работа», «Научно-исследовательская работа», «Публикации», «Новости», «Контакты». Все разделы снабжены содержательными меню, а также инструментами расширенного поиска открытой информации, такой как информация о преподавателях, включая их текущее расписание, информация о рабочих программах дисциплин, обеспечиваемых кафедрой, информация об учебных материалах, публикациях, научных исследованиях и т.д.

В составе портала реализован «Личный кабинет» для различных категорий пользователей. Личный кабинет обеспечивает доступ к функционалу, поддерживающему элементы дистанционного обучения «Мои дисциплины». Функционал дает возможность преподавателям кафедры создавать команды студентов, изучающих определенную дисциплину, публиковать учебные материалы и задания, обмениваться со студентами файлами с ответами и результатами проверки, вести журнал оценок, общаться в чате. Доступ в команду имеют зарегистрированные в «Личном кабинете» студенты, получившие код-приглашение.

Информационный портал реализован посредством таких языков программирования, как: HTML, CSS, JavaScript и PHP. Для обеспечения защиты информации используется PHP, а наличие роли модератора позволяет поддерживать актуальность и достоверность информации. Интуитивно понятный интерфейс портала кафедры позволяет модератору использовать и редактировать необходимые разделы, не прибегая к помощи разработчиков.

Литература:

1. Алексеев А.П., Введение в Web – дизайн: учебное пособие. – М.: СОЛОН – ПРЕСС. – 2008.
2. Спейнаур С., Справочник WEB-мастера. – Киев.: BHV.- 1997.
3. Кевин Янк, PHP и MySQL. От новичка к профессионалу.
4. Джон Дакетт, HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов.

Developing an Information Portal for a University Department

Luneva S.Y., Kaadze A.A.
MAI, Moscow, Russia

Nowadays, every organisation has its own web-representation. With the use of modern information technology is a necessary factor for the availability of communication, search for necessary information and materials. The department portal serves as an effective system for working with information, provides the internal needs of the department and provides the necessary information to students, graduate students and employees. In connection with the COVID-19 pandemic and the need to move to a distance mode of operation, the availability of a web-based presentation of the department portal improves the accessibility of information transfer.

This paper focuses on the development of the university department portal, including the construction of the architecture of the web-representation, the implementation of the database to store and provide the necessary information, the development of the interface and cryptocurrency protection system. The web-presentation of the department portal includes the following main sections: "About the department", "Educational work", "Research work", "Publications", "News", "Contacts". All sections are equipped with substantial menus as well as tools for advanced search of open information, such as information about teachers, including their current schedule, information about working programs of the disciplines provided by the department, information about teaching materials, publications, research, etc.

A "Personal Cabinet" for different categories of users is implemented as part of the portal. The Personal Cabinet provides access to the functionality supporting the elements of distance learning "My disciplines". The functionality allows teachers of the department to create teams of students studying a particular discipline, publish learning materials and assignments, exchange files with students with answers and test results, keep a log of grades, communicate in chat. Access to the team is available to the students registered in "Personal office" who have received an invitation code.

The information portal is implemented using programming languages such as HTML, CSS, JavaScript and PHP. To ensure information security, PHP is used and the moderator role helps to keep the information up-to-date and accurate. The intuitive interface of the department portal allows the moderator to use and edit the necessary sections without the help of developers.

References:

1. Alexeyev A.P., Introduction in Web-design: tutorial. - MOSCOW: SOLON-PRESS. - 2008
2. Speynaur S., Handbook WEB-master. - Kiev: BHV.- 1997.
3. Kevin Yank, PHP & MySQL. Novice to Ninja.

4. Jon Duckett, HTML & CSS: Design and Build Websites.

Исследование влияния наклона поверхности на скорость сканирования бесконтактного профилометра на основе оптического туннелирования

Лю Чжэ
МАИ, г. Москва, Россия

Систему сканирования бесконтактного профилометра можно условно разделить на две части, а именно: систему точного измерения и систему прогноза. Система точного измерения использует оптический преобразователь приближения (ОПП) на основе оптического туннелирования для точного измерения зазора между сканируемым объектом и ОПП. Диапазон измерения ОПП достаточно мал и примерно равен длине волны используемого оптического излучения. В системе точного измерения предусмотрена стабилизация зазора между преобразователя ОПП и поверхностью объекта для обеспечения режима прецизионного измерения. Система прогноза использует преобразователь перемещения на основе хроматической аберрации (ППХА) для грубого измерения, измеряющий зазор между сканируемым объектом и ППХА. Диапазон измерения ППХА составляет порядка 100 мкм. В системе прогноза происходит сравнение высоты поверхности текущего положения (точное измерение) с высотой следующего положения (грубое измерение), чтобы гарантировать, что ОПП, используемый для точного измерения, не столкнется с поверхностью объекта из-за большого перепада высот во время процесса сканирования.

При условии постоянной скорости движения вдоль оси OZ с помощью пьезодвигателя, максимальная разность высот поверхности объекта на следующем шаге и максимальный наклон поверхности при сканировании бесконтактным профилометром зависимосят от скорости сканирования вдоль оси OX. Составлена линеаризованная математическая модель для системы сканирования бесконтактного профилометра и произведено ее моделирование в среде MATLAB/Simulink при начальном зазоре d0 между преобразователем ОПП и поверхностью объекта, составляющем 280 нм, диаметре зонда измерения ОПП, равном 30 мкм, длине волны оптического излучения λ=1310 нм, мощности излучения РИИ=100 мкВт, чувствительности фотоприёмника S=0,4 А/Вт, сопротивлении обратной связи преобразователя «ток-напряжение» R=100 кΩ, Результаты показывают, что при разности высот поверхности объекта Δh=25 мкм, что соответствует углу наклона поверхности объекта сканирования 39,80 при шаге сканирования 30 мкм, максимальная скорость сканирования по оси OX бесконтактного профилометра составляет 1 мм/с. При наклоне поверхности объекта, превышающем максимальное значение, система прекращает сканирование для исключения механического контакта ОПП с поверхностью объекта. Для продолжения сканирования скорость перемещения по оси OX уменьшается.

1. Бусурин В.И., Лю Чжэ, Ахламов П.С., Бердюгин Н.А. Исследование бесконтактного оптического преобразователя приближения мехатроники системы стабилизации зазора сканирующего профилометра / Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. № 1.

2. Бусурин В.И., Кудрявцев П.С., Лю Чжэ. Исследование системы стабилизации сенсора бесконтактного сканирующего профилометра на основе метода оптического туннелирования/ Мехатроника, автоматизация, управление. Том 19. № 2, 2018.

3. Бусурин В.И., Лю Чжэ, Кудрявцев П.С., Шлеенкин Л.А. Исследование двухконтурной системы управления положением оптического преобразователя прецизионного бесконтактного сканирующего профилометра/ Датчики и системы. № 9-10, 2020.

Investigation of the effect of surface inclination on the scanning speed of a non-contact profilometer based on optical tunneling

Liu Zhe
MAI, Moscow, Russia

The scanning system of a non-contact profilometer can be conditionally divided into two parts, namely: an accurate measurement system and a forecast system. The precision measurement system uses an optical tunneling-based proximity converter (OPP) to accurately measure the gap between

the scanned object and the OPP. The measurement range of the OPP is rather small and is approximately equal to the wavelength of the used optical radiation. The precision measurement system provides for the stabilization of the gap between the OPP transducer and the surface of the object to ensure the precision measurement mode. The prediction system uses a chromatic aberration-based displacement transducer (PPHA) for coarse measurement, which measures the gap between the scanned object and the PPHA. The measurement range of PPHA is about 100 μm. The prediction system compares the surface height of the current position (fine measurement) with the height of the next position (coarse measurement) to ensure that the OPP used for accurate measurement does not collide with the object surface due to the large elevation difference during the scanning process.

Under the condition of a constant speed of movement along the OZ axis using a piezo motor, the maximum difference in the heights of the object surface at the next step and the maximum surface inclination when scanning with a non-contact profilometer depend on the scanning speed along the OX axis. A linearized mathematical model for a non-contact profilometer scanning system was compiled and simulated in the MATLAB/Simulink environment with an initial gap d0 between the OPP transducer and the object surface of 280 nm, a diameter of the OPP measurement probe equal to 30 μm, and a wavelength of optical radiation λ = 1310 nm, radiation power PII = 100 μW, the sensitivity of the photodetector S = 0.4 A / W, the feedback resistance of the current-voltage converter R = 100 kΩ. the angle of inclination of the surface of the scanned object is 39.80 at a scanning step of 30 μm, the maximum scanning speed along the OX axis of a non-contact profilometer is 1 mm / s. When the inclination of the object surface exceeds the maximum value, the system stops scanning to avoid mechanical contact of the OPP with the object surface. To continue scanning, the OX axis speed will be reduced.

1. Busurin V.I., Liu Zhe, Akhlamov PS, Berdyugin N.A. Investigation of the contactless optical approximation transducer of mechatronics of the system of stabilization of the gap of the scanning profilometer / Mechatronics, automation, control. 2015. No. 1.

2. Busurin V.I., Kudryavtsev PS, Liu Zhe. Investigation of the sensor stabilization system of a non-contact scanning profilometer based on the optical tunneling method / Mechatronics, automation, control. Volume 19.No. 2, 2018.

3. Busurin V.I., Liu Zhe, Kudryavtsev PS, Shleenkin L.A. Study of a two-circuit control system for the position of the optical converter of a precision non-contact scanning profilometer / Sensors and systems. No. 9-10, 2020.

Замкнуто-разомкнутая схема коррекции в системе измерения параметров вибрации крыла самолета

Маамо МШико, Афонин А.А., Сулаков А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

На сегодняшний день сохраняет свою актуальность проблема разработки эффективной системы измерения параметров вибрации (СИПВ) элементов конструкции летательного аппарата (ЛА). Анализ этих параметров позволяет подробно исследовать поведения элементов конструкции ЛА при вибрациях разного рода и характера для прогнозирования и последующего предотвращения или снижения влияния ряда негативных явлений, в том числе флаттер, бафтинг и др., приводящих к ухудшению качества полета, повреждениям и разрушениям конструкции ЛА. Кроме того, анализ вибрационных свойств конструкции позволяет выявить уже существующие повреждения для своевременного предотвращения их роста и устранения. Существующие СИПВ ЛА обычно реализуются на основе пьезоэлектрических акселерометров, оптических датчиков или МЭМС-акселерометров. Предлагаемая СИПВ строится на основе микромеханических инерциальных измерительных блоков (МИИБ), которые включают в свой состав трехкомпонентные блоки микромеханических гироскопов и акселерометров. МИИБ давно нашел широкое применение в области навигации и управления движением, при этом на основе его показаний можно получить полный объем информации о параметрах движения исследуемой точки механической структуры, в том числе, можно определить ее виброускорение, виброскорость, виброперемещение. Однако, к главным недостаткам МИИБ относится невысокая точность и

значительная нестабильность характеристик. Для устранения указанных недостатков, на практике широкое применение нашли методы частотной фильтрации и технология слияния сенсорной информации.

Для успешного решение задач, возложенных на СИПВ, построенной на базе МИИБ, должны быть реализованы высокоточные измерения параметров движения объекта-носителя и элементов его конструкции. Поэтому алгоритмы определения параметров ориентации и навигации, использующие данные МИИБ, должны использовать корректирующие сигналы других бортовых измерительных систем. В частности, в качестве соответствующих источников информации могут выступать датчики перемещения элементов конструкции, а также бортовой навигационный комплекс ЛА. При этом, оценку параметров и коррекцию целесообразно проводить с использованием оптимального фильтра Калмана (ОФК). Одним из наиболее эффективных способов его применения является так называемое «замыкание» схемы включения ОФК, при котором в определенные точки системы вносятся соответствующие корректирующие сигналы, снижающие собственные ошибки МИИБ и др. измерителей, а также ошибки каналов ориентации и навигации до приемлемого уровня. Корректирующий сигнал в этой схеме формируется в виде произведения вектора измерения на матрицу оптимальных коэффициентов усиления ОФК. Поскольку введение корректирующих сигналов такого рода физически или технически возможно, или целесообразно не всегда, в ряде случаев для коррекции используются традиционные оценки ошибок, также вычисленные по показаниям ОФК. В итоге имеем рациональный замкнуто-разомкнутый вариант схемы коррекции.

В работе приведены базовый состав и структура СИПВ, описаны основные принципы ее работы, представлен алгоритм ее работы, приведены математическая модель ошибок системы и алгоритмы их коррекции с применением замкнуто-разомкнутой схемы включения ОФК. Представлены результаты имитационного моделирования работы СИПВ, демонстрирующие ее ожидаемые точностные характеристики.

Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта РФФИ N° 19-08-00279а.

Closed-opened correction scheme in vibration parameter measurement system for an aircraft wing

Maamo M. Shikho, Afonin A.A., Solakov A.S.
MAI, Moscow, Russia

Today, the problem of developing an effective vibration parameters measurement system (VPMS) of aircraft structural elements is still actual, that's because the analysis of these parameters allows us to investigate in details the behavior of aircraft structural elements under vibrations of various kinds and natures, in order to predict and then prevent or reduce the influence of such negative phenomena, including flutter, buffeting, etc., which leads to deterioration in flight quality, damage and destruction of aircraft structure. In addition, the analysis of vibration properties of structures makes it possible to identify the already existing damages in order to prevent their growth and eliminate them in a timely manner. The existing VPMS for aircraft are usually implemented based on piezoelectric accelerometers, optical sensors, or MEMS accelerometers. The proposed VPMS is built based on MEMS IMU, which includes three-component micromechanical gyroscopes and accelerometers. MEMS IMU has long found wide application in the navigation and motion control fields, that's on the basis of its readings it is possible to obtain a full information about the movement parameters of the mechanical structure's investigated point, so it is possible to determine its vibration acceleration, vibration velocity, and vibration displacement. However, the main disadvantages of MEMS IMU are low accuracy and significant instability of characteristics. To eliminate these disadvantages, methods of frequency filtering and data fusion technology are practically used. For the successful solution of the tasks assigned to VPMS, built based on MEMS IMU, high-precision measurements of movement parameters of the carrier object and its structural elements must be implemented. Therefore, the algorithms for determining the parameters of orientation and navigation, using the data of MEMS IMU, must use the correction signals of other onboard measurement systems or sensors. In particular, displacement sensors of the movement of structural elements, as well as the onboard navigation

system of an aircraft, can act as appropriate secondary sources of information. At the same time, it is advisable to estimate and correct the parameters using optimal Kalman filter (OKF). One of the most effective ways of OKF application is the so-called "closing" the OKF scheme, in which appropriate correcting signals are introduced at certain points of the system, which reduce the intrinsic errors of MEMS IMU and other transducers, as well as the errors of orientation and navigation channels, to an acceptable level. The correction signal in this scheme is formed as the product of the measurement vector by the matrix of OKF gains. Since the introduction of correction signals of this kind is physically or technically is not always possible or advisable, traditional error estimates, which are also calculated from the readings of OKF, are also used for correction in such cases. As a result, we have a rational closed-opened version of the correction scheme. The paper presents the basic components and structure of VPMS, describes the basic principles and algorithms of its operation, and presents a mathematical model of system errors and algorithms for their correction using a closed-opened scheme of OKF. The results of simulation of VPMS operation are presented, demonstrating its expected accuracy characteristics.

This research was supported by the RFBR under contract No. 19-08-00279a.

Метод интеграции алгоритмов обработки изображения в программы на языках IEC 61499

[1]Максимов А.Н., [1]Александров А.А., [2]Романов В.Д.
[1]МАИ, [2]ЦПР РТСофт, г. Москва, Россия

Использование языков, специфицированных в стандарте IEC 61499 /2/ является перспективным подходом к построению распределенных систем управления для Industry 4.0. Часто возникают задачи интеграции алгоритмов для обработки изображений в состав контуров управления.

Предлагается добавить возможность обработки видеоинформации в среду исполнения стандарта IEC61499 и обеспечить возможность использования CPU и встраиваемых GPU типа Intel Movidius в контроллерах управления.

В докладе рассматривается архитектурное решение для интеграции алгоритмов обработки изображений непосредственно в программу управления IEC 61499 для Eclipse 4diac/forte. Для работы с изображениями предлагается использовать стандартную нотацию функциональных блоков. Изображения при этом предлагается рассматривать, как еще один тип данных.

Алгоритмы обработки изображения обладают рядом специфичных особенностей, которые отличают их от алгоритмов систем управления:

• Специфичные устройства ввода-вывода типа камера или видеопоток.

• Необходимость предотвращения затратного копирования при передаче обрабатываемого кадра между функциональными блоками.

• Поддержка возможности выполнения алгоритмов обработки на CPU или GPU.

Для минимизации количества операций копирования при передаче кадра между функциональными блоками алгоритма предлагается передавать только дескрипторы кадров, помещая кадры в один или несколько именованных ассоциативных контейнеров. При необходимости работать с алгоритмами обработки, исполняемыми на GPU, могут быть использованы контейнеры, в которых используется память, разделяемая между процессором и графическим ускорителем.

Для представления камер в программе IEC 61499 предлагается использовать стандартный блок SUBSCRIBE. Входными данных для SUBSCRIBE будут выступать параметры камеры, а выходным идентификаторы принятых кадров.

Для проверки концепции авторами разработаны следующие компоненты для среды разработки Eclipse 4diac и среды исполнения Eclipse forte:

• Слой для работы с камерой для среды исполнения forte.

• Ассоциативный контейнера для хранения кадров и функциональные блоки для работы с ним.

• Примеры функциональных блоков для типовых алгоритмов обработки изображений (алгоритмы выделения контрастных объектов путем ступенчатого преобразования и сверточной нейронной сети yolo v3 /4/).

Результаты практического прототипирования показали работоспособность разработанного подхода. Предложенный поход упрощает процесс интеграции алгоритмов управления и обработки изображений в рамках единого проекта за счет применения одного языка для решения обоих классов задач.

Литература:

1. Zoitl, A., Strasser, T., editors. Distributed control applications: guidelines, design patterns, and application examples with the IEC 61499. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group; 2016. ISBN 978-1-4822-5905-6.

2. IEC 61499-1:2012. Function blocks - part 1: Architecture. 2012.

3. Hofmann M., Rooker M., Zoitl, A.. Improved communication model for an IEC 61499 runtime environment. IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2011;doi:10.1109/ETFA.2011.6059121

4. Redmon J., Farhadi A.: YOLOv3: An Incremental Improvement [Электронный ресурс]. – URL: [https://arxiv.org/abs/1804.02767] (Дата обращения 25.11.2021).

Method of integration image recognition algorithms to IEC 61499 applications

[1]Maximov A.N., [1]Aleksandov A.A., [2]Romanov V.D.

[1]MAI, [2]RTSoft, Moscow, Russia

The use of languages specified in the IEC 61499 /2/ standard is a promising approach to building distributed control systems for Industry 4.0. Often there are problems of integrating algorithms for image processing into control circuits.

It is proposed to add the ability to process video information to the IEC61499 standard execution environment and provide the possibility of using CPU and embedded GPUs similar to the Intel Movidius in PLC.

The report discusses an architectural solution for integrating image processing algorithms directly into the IEC 61499 control program for Eclipse 4diac/forte. To work with images, it is proposed to use the standard notation of functional blocks. At the same time, it is proposed to consider images as another type of data.

Image processing algorithms have a number of specific features that distinguish them from control system algorithms:

• Specific I/O devices such as camera or video stream.

• The need to prevent costly copying when transferring the processed frame between functional blocks.

• Support for the ability to execute processing algorithms on the CPU or GPU.

To minimize the number of copying operations when transferring a frame between the functional blocks of the algorithm, it is proposed to transfer only frame descriptors, placing frames in one or more named associative containers. If it is necessary to work with processing algorithms executed on the GPU, containers can be used that use memory shared between the processor and the graphics accelerator.

To represent cameras in the IEC 61499 program, it is proposed to use the standard SUBSCRIBE block. The input data for SUBSCRIBE will be the camera parameters, and the output ids of the received frames.

To test the concept, the authors have developed the following components for the Eclipse 4diac development environment and the Eclipse forte runtime environment:

• A layer for working with the camera for the forte execution environment.

• Associative container for storing frames and functional blocks for working with it.

• Examples of functional blocks for typical image processing algorithms (algorithms for highlighting contrasting objects by stepwise transformation and convolutional neural network yolo v3 /4/).

The results of practical prototyping showed the efficiency of the developed approach. The proposed approach simplifies the process of integrating control algorithms and image processing within a single project by using a single language to solve both classes of problems.

References:

1. Zoitl, A., Strasser, T., editors. Distributed control applications: guidelines, design patterns, and application examples with the IEC 61499. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group; 2016. ISBN 978-1-4822-5905-6.

2. IEC 61499-1:2012. Function blocks - part 1: Architecture. 2012.

3. Hofmann M., Rooker M., Zoitl, A.. Improved communication model for an IEC 61499 runtime environment. IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2011;doi:10.1109/ETFA.2011.6059121

4. Redmon J., Farhadi A.: YOLOv3: An Incremental Improvement [Электронный ресурс]. – URL: [https://arxiv.org/abs/1804.02767] (Check date 25.11.2021).

Выявления несанкционированных построек в городе методами искусственного интеллекта

Максимов Н.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Массовая и часто стихийная застройка городов приводит к появлению множества объектов, построенных с нарушениями существующих норм и требований. Согласно подтверждённым данным, Главгосстройнадзор с 4 августа 2020 года выявил 890 объектов капитального строительства с признаками самовольной постройки без разрешительной документации на территории города Москвы, в числе которых 157 объекта являются помещениями жилого назначения и оставшиеся 733 – нежилыми. В этой связи актуальным является разработка средств, позволяющих осуществлять оперативное инспектирование и контроль существующей застройки. Автоматизацию процесса обработки информации о состоянии городской застройки возможно осуществить при помощи использования снимков дистанционного зондирования Земли, алгоритмов, предназначенных для их анализа и методов, направленных на присваивание физических координат объектам для дальнейшего сравнения с данными кадастрового учёта.

Цель исследования: автоматизированное определение по результатам аэрофотосъёмки (снимкам дистанционного зондирования Земли) самовольных построек.

Методы. Для решения поставленной задачи были использованы методы разметки изображений, методы обучения искусственных нейронных сетей с помощью библиотек глубокого обучения, алгоритмы обработки изображений и перевода из одной системы координат в другую.

Результаты. Выполнена программная реализация алгоритма, позволяющая выявлять контура зданий, уточненную структуру и ограничительную рамку на основе входных данных (размеченных аэрофотоснимков), а также метода, позволяющего получать физические координаты центров полученных зданий, используя пиксельные координаты ограничительных рамок, и осуществлять сравнение с данными кадастрового учёта.

Detection of unauthorized buildings in the city by artificial intelligence methods

Maksimov N.A.

MAI, Moscow, Russia

Massive and often spontaneous urban development leads to the appearance of many objects built in violation of existing norms and requirements. According to the confirmed data, since August 4, 2020, Glavgosstroynadzor has identified 890 capital construction projects with signs of unauthorized construction without permits on the territory of the city of Moscow, among which 157 objects are residential premises and the remaining 733 are non–residential. In this regard, it is relevant to develop tools that allow for operational inspection and control of existing buildings. Automation of the process of processing information about the state of urban development can be carried out by using

remote sensing images of the Earth, algorithms designed for their analysis and methods aimed at assigning physical coordinates to objects for further comparison with cadastral data.

The purpose of the study: automated determination of unauthorized buildings based on the results of aerial photography (images of remote sensing of the Earth).

Methods. To solve this problem, methods of image markup, methods of training artificial neural networks using deep learning libraries, algorithms for image processing and translation from one coordinate system to another were used.

Results. The software implementation of the algorithm has been performed, which allows to identify the contours of buildings, a refined structure and a bounding box based on input data (marked aerial photographs), as well as a method that allows to obtain the physical coordinates of the centers of the received buildings using pixel coordinates of the bounding boxes, and to compare with cadastral data.

Проблемы автоматизации обработки данных компьютерной томографии и способы их решения для задачи контроля печатных узлов

Минасян В.Б., Кадочников А.А., Малых Е.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время, в связи с постоянным усложнением электроники, всё острее встает вопрос надежности, т.к. уплотнение компонентов и усложнение техпроцесса производства повышают требования к качеству изготовления. В связи с этим рентгеновский контроль становится всё более актуальным. Существует проблема обнаружения некоторых видов дефектов, которые могут быть видны только при определенных углах наблюдения, а также участков плат, находящихся в тени радиаторов.

При проведении рентгеновской инспекции печатных плат и узлов как правило применяется один из нескольких методов: простое сканирование платы по контрольным точкам, сканирование платы по контрольным точкам с несколькими снимками под разными углами, 3D- -наклонная томография, а также компьютерная томография.

Из всех методов наиболее подробную информацию о структуре образца можно получить, используя метод компьютерной томографии, поскольку он позволяет получить трехмерное растровое изображение исследуемого образца, отображающее коэффициент поглощения рентгеновского излучения, что позволяет говорить о плотности, внутреннем строении и наличии дефектов внутри образца.

Использование более сложных методов контроля позволяет обнаружить больше дефектов с большей вероятностью, при этом требует больше времени и создает большую нагрузку на оператора, поскольку текущие возможности для автоматизации рентгеновского контроля позволяют решать только простые задачи и сложные всё равно полностью ложатся на оператора.

Среди недостатков следует отметить необходимость в подборе оптимальных параметров съемки, а также значительные трудозатраты на обработку данных, получаемых с помощью томографии и время, намного превышающее процесс сканирования образца.

При этом, в случае с 3D-наклонной и компьютерной томографией средства автоматизации обработки трехмерных данных отсутствуют, что еще больше осложняет работу ввиду сложностей в восприятии трехмерных данных.

Для решения данных проблем ведется разработка алгоритма, который позволит автоматизировать процесс обработки данных компьютерной томографии, за счет распознавания образов и сопоставления структур с трехмерной моделью.

Problems of automation of computed tomography data processing and ways to solve them for the problem of PCB inspection

Minasyan V.B., Kadochnikov A.A., Malykh E.A.
MAI, Moscow, Russia

Nowadays, due to the constant complication of electronics, the issue of reliability is becoming more and more acute. Downscaling of components cases and the complexity of the manufacturing

process increase the demands on the quality of manufacturing. In this regard, X-ray inspection is becoming more and more important. There is a problem of detecting some types of defects that can be seen only at certain viewing angles, as well as parts of the boards that are in the shadow of the radiators.

X-ray inspection of PCBs usually involves one of several methods: simple checkpoint scanning of the board, checkpoint scanning of the board with multiple images from different angles, 3D oblique tomography, and computed tomography.

Of all the methods, the most detailed information about the structure of the specimen can be obtained using the computed tomography method, since it allows you to obtain a 3D raster image of the specimen, which displays the absorption coefficient of X-rays, which allows us to talk about the density, internal structure and the presence of defects inside the specimen.

More sophisticated inspection methods are more likely to detect more defects, and are more time consuming and more stressful for the operator, since the current automation capabilities for X-ray inspection only allow simple tasks to be done and complex ones remain entirely on the operator.

Among the shortcomings, it should be noted the need to select the optimal X-ray tube parameters, as well as significant labor costs for processing the data obtained using tomography and the time much longer than the process of scanning the specimen.

At the same time, in the case of 3D oblique and computed tomography, there are no tools for automating the processing of three-dimensional data, which further complicates the work due to the difficulties in perceiving three-dimensional data.

To solve these problems, an algorithm is being developed that will automate the processing of computed tomography data through pattern recognition and comparison of structures with a three-dimensional model.

Аналитическое конструирование оптимального регулятора на основе уравнений Эйлера-Пуассона

Митрофанов С.Ю., Рыбников С.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Классический АКОР на основе уравнений Эйлера-Лагранжа содержит операции: формирование математической модели расширенного объекта управления (РОУ), ограничений на фазовые координат или их функции, интегрального квадратичного аддитивного критерия оптимальности (КО) (с учетом правила равных вкладов максимальных по модулю вариаций переменных), уравнений Эйлера, затем Эйлера-Лагранжа; формирование управления в функции множителей Лагранжа, определение множителей Лагранжа и фазовых координат в функции времени; исключение времени – определение множителей Лагранжа в функции фазовых координат, исключение множителей Лагранжа в выражении для управления – формирование управления в функции фазовых координат. Недостатки метода при синтезе линейных стационарных систем – увеличение размерности задачи за счет введения переменных множителей Лагранжа, последующая необходимость их определения в функции времени и исключения, и множителей, и времени.

В рассматриваемом упрощенном варианте АКОРа SIMO-системы КО с использованием математической модели РОУ преобразуется к виду суммы взвешенных квадратов вариаций одной из переменных («ведущей») и ее производных. Первое необходимое условие экстремума КО записывается в виде уравнения Эйлера-Пуассона, для случая синтеза линейной стационарной системы, представляющего собой произведение желаемого характеристического уравнения синтезируемой системы на сопряженный характеристических полином. Полученное отсюда желаемое характеристическое уравнение системы, как в методе стандартных коэффициентов, приравнивается почленно к характеристическому уравнению системы, записанному на основе ее математической модели.

Полученная система алгебраических уравнений позволяет решать прямую задачу АКОРА – определение коэффициентов закона управления, обратную задачу – определение коэффициентов критерия и далее максимальных по модулю значений фазовых координат, требуемых для реализации управления, комбинированные задачи – определение заданной

допустимой комбинации параметров закона управления, объекта, допустимых ограничений фазовых координат.

Варьирование соотношения между точностными и энергетическими блоками элементов функции штрафа позволяет получить систему вариантов алгоритма управления, встречно различающихся быстродействием синтезированной системы и энергозатратами на реализацию управления, при высоком качестве переходных процессов.

Приводится пример применения указанных задач к управлению угловым движением самолета.

Analytical design of an optimal regulator based on the Euler-Poisson equations

Mitrofanov S.Yu., Rybnikov S.I.
MAI, Moscow, Russia

The classic version of the analytical design of an optimal regulator based on the Euler-Lagrange equations contains the following operations: developing of a mathematical model of an diversed control object (DCO), limitations of the phase coordinates or their functions, integral quadratic additive optimality criterion (CO) (taking into account the rule of equal contributions of maximum modulo variations of variables), Euler equations, then Euler-Lagrange equations; description of control in the function of Lagrange multipliers, determination of Lagrange multipliers and phase coordinates in the function of time; exclusion of time – determination of Lagrange multipliers in the function of phase coordinates, exclusion of multipliers Lagrange in the expression for control is the formation of control in the function of phase coordinates. The disadvantages of the method while synthesizing the linear stationary systems are an increase in the dimension of the equation due to the introduction of variable Lagrange multipliers, the subsequent need of the determination of the variables in a function of time and the exclusion of both multipliers and time.

In the considered simplified version, the analytical design of an optimal regulator of the SIMO-system of the CO using the mathematical model of the DCO is transformed to the form of the sum of weighted squares of variations of one of the variables (the "leading") and its derivatives. The first necessary condition of the extremum of the CO is written in the form of the Euler-Poisson equation, for the case of the synthesis of a linear stationary system, which is the product of the desired characteristic equation of the synthesized system by the conjugate characteristic polynomial. The desired characteristic equation of the system obtained from here, as in the method of standard coefficients, is equated directly to the characteristic equation of the system written on the basis of its mathematical model.

The resulting system of algebraic equations makes it possible to solve the direct analytical design of an optimal regulator problem – determining the coefficients of the control law, the inverse problem – determining the coefficients of the criterion and then the maximum modulo values of the phase coordinates required for the implementation of control, combined tasks – determining a given permissible combination of parameters of the control law, the object, permissible limitations of phase coordinates.

Varying the ratio between the precision and energy blocks of the elements of the penalty function makes it possible to obtain a system of control algorithm variants that differ in the speed of the synthesized system and the energy consumption for the implementation of control, with high quality transients.

An example of the application of these tasks to the control of the angular motion of the aircraft is given.

Система математического обеспечения тренажерного устройства имитации полета

Митрофанов С.Ю., Рыбников С.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Программная архитектура вычислительной системы – это структура системы, которая включают элементы программного обеспечения, видимые извне свойства этих элементов и отношения между ними. Программное обеспечение имитатора полета разделено на три части: аппаратный модуль, модуль поведения и модуль программного решения. Аппаратный модуль

является основой, поведенческий модуль – мостом, а модуль программного решения – реализацией. Аппаратный модуль обеспечивает интерфейсную службу, такую как привод аппаратного устройства и компьютерное устройство, которые использовались для загрузки и запуска программного обеспечения. Модули поведения используются для реализации обслуживания данных между подсистемами и моделирования основных функций системы самолета. Программный модуль принятия решений используется для реализации аэродинамики самолета и моделирования некоторых видов систем подсказок. Модули физической модели являются ключевыми компонентами симулятора полета. Модуль движения самолета используется для моделирования характеристик самолета. Модуль характеристик Земли используется для моделирования сцены из окна. Модуль «Человеческий фактор» используется для моделирования управляющей силы системы управления полетом самолета и станции инструктора для управления имитатором полета. Модуль среды используется для моделирования звука и всех видов моделирования ветра. Диаграмма архитектуры программного обеспечения позволяет легко отличить симуляцию работы воздушного судна от всей программной системы.

Mathematical support system for flight simulation training device

Mitrofanov S.Yu., Rybnikov S.I.
MAI, Moscow, Russia

The software architecture of a computing system is the structure of a system that includes software elements, externally visible properties of these elements and the relationships between them. The flight simulator software is divided into three parts: a hardware module, a behavior module and a software solution module. The hardware module is the foundation, the behavioral module is the bridge, and the software solution module is the implementation. The hardware module provides an interface service, such as a hardware device drive and a computer device, which were used to download and run the software. Behavior modules are used to implement data maintenance between subsystems and to simulate the basic functions of the aircraft system. The decision-making software module is used for the implementation of aircraft aerodynamics and modeling of some types of hint systems. The modules of the physical model are the key components of the flight simulator. The aircraft motion module is used to simulate the characteristics of the aircraft. The Ground characteristics module is used to simulate the scene from the window. The "Human factor" module is used to simulate the control force of the aircraft flight control system and the instructor station to control the flight simulator. The environment module is used to simulate sound and all types of wind simulation. The software architecture diagram makes it easy to distinguish the aircraft operation simulation from the entire software system.

Особенности применения полупроводниковой тензометрии при контроле напряженно-деформационного состояния элементов конструкции ЛА в наземных испытаниях

Мишин Ю.Н., Новичков В.М.
МАИ, г. Москва, Россия

В условиях роста требований к повышению конструктивной надежности и ресурса ЛА при использовании новых материалов, используемых в элементах конструкции, и использовании оригинальных силовых схем актуальной является задача создания новых средств измерения напряженно-деформационного состояния (НДС) с улучшенными характеристиками для экспериментальной отработки при статических и динамических термосиловых нагружениях. В тоже время жесткие условия эксплуатации, априорно неопределенные по вектору и модулю силовые воздействия, особенно в условиях космоса, при требованиях минимизации массы и миниатюризации требуют детального изучения поведения конструкции ЛА при механических испытаниях.

В [1] представлен перспективный материал – моносульфид самария, полученный методом взрывного испарения [2], для использования в качестве чувствительного элемента датчиков механических величин, в том числе тензорезисторов. Использование данного материала в качестве чувствительного элемента, позволяет увеличить точность датчиков механических

величин посредством индивидуальной калибровки, для одноразовых малобазных тензорезисторов – расширить возможности применения: измерение малых деформаций в конструкциях из материалов повышенной жесткости, оценка расчетно-экспериментальным методом напряжений вблизи концентраторов напряжений. Повышенную точность измерения полупроводниковыми тензорезисторами на основе моносульфида самария возможно достичь при дополнительной коррекции результатов с учетом влияющих факторов. Присущая полупроводникам чувствительность к температуре увеличивает погрешность, но подробное изучение этих ошибок и механизмов их происхождения делает возможным применение специальных методов калибровки и дополнительной коррекции результатов измерения косвенным методом деформации для снижения погрешностей по сравнению с тензорезисторами с чувствительными элементами на основе тензочувствительных металлов. При применении аппаратно-программного метода коррекции, реализуемого в тензометрической информационно-измерительной системе (ИИС) для партии разработанных и изготовленных опытных образцов тензорезисторов на основе моносульфида самария методом взрывного испарения позволяет получить высокую точность измерения НДС.

Разработанные базовые конструкции тензорезисторных преобразователей на основе моносульфида самария были исследованы на влияние факторов: одноосной деформации, температуры и вакуума. Алгоритмический учет влияния этих факторов в тензометрической ИИС позволяет количественно оценивать величины напряжений, возникающих вблизи концентраторов элементов конструкции ЛА при термосиловых воздействиях в условиях вакуума.

Литература:

1. Володин Н.М., Мишин Ю.Н., Каминский В.В. Тензометрия на основе редкоземельных полупроводников в космических аппаратах // Вестник ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина, 2011. №5. С. 51-56.

2. Новичков В.М., Мишин Ю.Н. Оценка эффективности и проведение технологического эксперимента при проектировании тензорезисторов на основе моносульфида самария // Сборник трудов XX международной научно-технической конференции «Системные проблемы надежности, качества, компьютерного моделирования, информационных и электронных технологий в инновационных проектах (Инноватика-2014)». С. 54-55.

Features of the application of semiconductor strain gauge in the control of the stress-strain state of aircraft structural elements in ground tests

Mishin Y.N., Novichkov V.M.

MAI, Moscow, Russia

In the conditions of increasing requirements for improving the structural reliability and life of aircraft with the use of new materials used in structural elements and the use of original power circuits, the task of creating new means of measuring the stress-strain state (VAT) with improved characteristics for experimental testing under static and dynamic thermal force loads is urgent. At the same time, harsh operating conditions, a priori uncertain in vector and modulus of force effects, especially in space conditions, with the requirements of minimizing mass and miniaturization, require a detailed study of the behavior of the aircraft design during mechanical tests.

In [1], a promising material is presented – samarium monosulfide, obtained by explosive evaporation [2], for use as a sensitive element of sensors of mechanical quantities, including strain gages. The use of this material as a sensing element makes it possible to increase the accuracy of sensors of mechanical quantities by means of individual calibration, for single use low-base strain gages – to expand the possibilities of application: measurement of small deformations in structures made of materials of increased rigidity, evaluation of stresses near stress concentrators by calculation and experimental method. Increased measurement accuracy with semiconductor strain gages based on samarium monosulfide can be achieved with additional correction of the results taking into account the influencing factors. The inherent sensitivity to temperature in semiconductors increases the error, but a detailed study of these errors and the mechanisms of their origin makes it possible to use special calibration methods and additional correction of measurement results by an indirect

deformation method to reduce errors compared to strain gauges with sensitive elements based on strain-sensitive metals. When using a hardware-software correction method implemented in a strain gauge information and measurement system (AIS) for a batch of developed and manufactured prototypes of strain gauges based on samarium monosulfide by explosive evaporation method, it allows to obtain high accuracy of VAT measurement.

The developed basic designs of strain-resistor converters based on samarium monosulfide were investigated for the influence of factors: uniaxial deformation, temperature and vacuum. Algorithmic accounting of the influence of these factors in the strain-measuring AIS allows us to quantify the magnitude of stresses that occur near the concentrators of aircraft structural elements under thermosilic influences in vacuum conditions.

References:

1. Volodin N.M., Mishin Yu.N.. Kaminskiy V.V. SC strain gauging based on rare-earth semiconductors // Space journal of "Lavochkin association", 2011. No. 5. pp. 51-56.

2. Novichkov V. M., Mishin, Yu. N. Assessment of efficiency and technological experiment in the design of strain gages on the basis of monosulfide Samaria // Proceedings of the XX international scientific and technical conference "Systemic problems of reliability, quality, computer simulation, information and electronic technologies in innovative projects (Innovation-2014)". pp. 54-55.

Разработка telegram-бота, как платформы для сбора информации, применяемой в обучении искусственного интеллекта, как части мобильного приложения для обучения пользователя разговорному английскому языку посредством диалога в мобильном приложении

Ниемисто В.А.

МАИ, г. Москва, Россия

В век научного развития люди всё быстрее и быстрее хотят получить нужную им информацию, скорость действий значительно увеличивается, а английский язык становится неотъемлемой частью знаний, без которой нельзя прожить в нынешнее время. Из-за того, что знание английского языка требуется во многих профессиях, а в особенности в IT-сфере, некоторые люди ставят задачу изучения английского языка на первое место. Но для эффективного изучения требуется много времени для теории, а значит и денег, носитель языка, и, возможность практиковать язык в любой свободный момент времени. В связи с этим командой разработчиков, из студентов Московского Авиационного Института, была разработана идея создания мобильного приложения, которое представляет собой чат с искусственным интеллектом, который реализует вопрос-ответную систему при обработке естественной речи и помогает пользователю достичь цель – изучение английского языка в виде практики диалога.

Данное мобильное приложение будет полезным для тех, кто готов заниматься изучением английского языка в любое удобное для себя время, то есть без привязки ко времени старта занятия, запланированного с участием другого человека. К тому же, сейчас, во время пандемии covid-19, большинство встреч проводятся в удаленном режиме, многие работают из дома и не всегда получается организовать встречу двух людей (носителя английского языка и ученика) в удобное для обоих время. На помощь приходит разрабатываемое приложение.

Так как приложение подразумевает использование искусственного интеллекта, для формирования ответа пользователю, на английском языке, то необходимо обучить нейронную сеть, что будет отвечать за формирование ответа пользователю. Для получения базы данных с сообщениями был написан асинхронный, микросервисный telegram-бот, который позволяет двум пользователям вести анонимный диалог, на предоставленную им тему. Решено было реализовать анонимные диалоги, чтобы данный бот не превратился в платформу для знакомств, для этого также реализована система завершения диалога между пользователями по прошествии 24 часов после начала диалога.

Полученные данные (сообщения между пользователями) планируется далее использовать для обучения нейронной сети, поэтому в telegram-боте реализовано хранение уровня владения языка пользователей, которые общаются на предоставленную тему. От этого можно будет

далее отталкиваться для принятия решения, насколько сильно можно доверять содержанию предложения и стилю его формирования.

Development of a telegram bot as a platform for collecting information that will be used in teaching artificial intelligence, as part of a mobile application for teaching a user to speak English through dialogue in a mobile application

Niemisto V.A.
MAI, Moscow, Russia

In the age of scientific development, people want to get the information they need faster and faster, the speed of action is increasing significantly, and the English language is becoming an integral part of knowledge, without which it is impossible to live at the present time. Because knowledge of English is required in many professions, and especially in the IT field, some people put the task of learning English first. But effective study requires a lot of time for theory, and therefore money, a native speaker, and, the ability to practice the language at any free time. In this regard, a team of developers, from students of the Moscow Aviation Institute, developed the idea of creating a mobile application that is a chat with artificial intelligence that implements a question-answer system in natural speech processing and helps the user to achieve the goal of learning English as a practice dialogue.

This mobile application will be useful for those who are ready to study English at any time convenient for themselves that is, without being tied to the start time of the lesson planned with the participation of another person. In addition, now, during the covid-19 pandemic, most meetings are held remotely, much work from home and it is not always possible to arrange a meeting for two people (a native English speaker and a student) at a convenient time for both. The application being developed comes to the rescue.

Since the application involves the use of artificial intelligence to form a response to the user, in English, it is necessary to train a neural network that will be responsible for forming a response to the user. To obtain a database with messages, an asynchronous telegram bot was written, which allows two users to conduct an anonymous dialogue on a topic provided to them. It was decided to implement anonymous dialogues so that this bot does not turn into a dating platform; for this, a system for ending the dialogue between users after 24 hours after the start of the dialogue is also implemented.

The received data (messages between users) is planned to be further used for training neural network, therefore, the telegram bot implements storage of the language proficiency level of users who communicate on the provided topic. From this it will be possible to proceed further to make a decision on how much you can trust the content of the proposal and the style of its formation.

References:

1. https://habr.com/ru/post/262247/ - article: How to create bots in Telegram;
2. https://docs.aiogram.dev/en/latest/ - Aiogram library for writing a telegram bot in python;

Исследование интеграции автоматизированных информационных систем используя технологию ETL

Никонов Ю.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Россия, как и весь современный мир вступил в эпоху цифровой трансформации. С каждым годом возрастает количество порожденной человеком информации. В результате возникает потребность в хранение огромного количества гетерогенных данных. Взаимодействия между ИТ-системами, а также вывод из эксплуатации морально устаревших информационных систем ставят перед их владельцами задачи интеграции. Нижеперечисленные факторы, ставят перед собой задачи интеграции информационных систем:

• Необходимость переноса данных из старых систем, которые уже не поддерживаются (в том числе внесение архивных данных).

• Взаимодействие с внешними системами из которых получают данные для долгосрочного хранения.

• Промежуточная система для хранения, обработки и передачи новых созданных данных в другие системы.

Для решения данной проблемы проанализированы основные применяемые модели интеграций:

• Интеграция на уровне бизнес-логики – уровень, на котором осуществляется управление потоками данных и организуется взаимодействие частей приложения.

• Интеграция «каждый с каждым» (полносвязная топология) – создаются интерфейсы обмена данных для каждой пары обменивающихся приложений.

• Линейная – приложения выстроены в цепочку и каждое приложение взаимодействует с двумя соседними кроме крайних, они взаимодействуют с одним приложением.

• Интеграция при помощи Web-сервисов – обеспечение стандартизированным для Web-служб интерфейса доступа к приложениям и данным (примерами сервисов могут служить следующие технологии RESTFUL, SOAP, GraphQL и т.д).

Варианты приведенных выше моделей могут комбинироваться. Так же одной из технологии для интеграции может являться технология ETL (Extract, Transform, Load: извлечение-трансформация-загрузка).

К преимуществам ETL можно отнести наличие расширенного функционала:

• Извлечения (адаптеры к различным источникам данных: SQL базы, NoSQL базы, ручная загрузка, веб-сервисы и т.п.).

• Преобразования (фильтрация, переход от одной схемы к другой (конвейер) и т.п.).

• Выгрузки данных (схожие с адаптерами для извлечения, но работающие на запись).

К недостаткам ETL можно отнести:

• Ограничения по масштабированию.

• Отсутствие возможности интегрировать данные из нескольких источников в рамках одной операции.

Внедрение технологии ETL является одним из решений задач интеграции систем. На рынке представлено множество успешно внедряемых систем, а также существуют открытые реализации.

Study of the integration of automated information systems using ETL technology

Nikonov Yu.Yu.
MAI, Moscow, Russia

Russia, like the entire modern world, has entered the era of digital transformation. The amount of information generated by a person increases every year. As a result, there is a need to store a huge amount of heterogeneous data. Interactions between IT systems, as well as the decommissioning of obsolete information systems, pose integration tasks for their owners. The following factors set themselves the task of integrating information systems:

• The need to transfer data from old systems that are no longer supported (including the introduction of archived data).

• Interaction with external systems from which data is obtained for long-term storage;.

• An intermediate system for storing, processing and transferring newly created data to other systems. To solve this problem, the main used integration models have been analyzed:

• Integration at the level of business logic – the level at which data flows are managed and the interaction of application parts is organized.

• Integration "each with each" (fully connected topology) – data exchange interfaces are created for each pair of exchanging applications.

• Linear – applications are lined up in a chain and each application interacts with two neighboring ones except the extreme ones, they interact with one application.

• Integration using Web services – providing a standardized interface for Web services to access applications and data (examples of services are the following technologies RESTFUL, SOAP, GraphQL, etc.).

Variations of the above models can be combined. In addition, one of the technologies for integration can be ETL technology (Extract, Transform, Load: extraction-transformation-load). The advantages of ETL include the presence of advanced functionality:

• Extraction (adapters to various data sources: SQL databases, NoSQL databases, manual loading, web services, etc.).

• Transformations (filtering, transition from one scheme to another (pipeline), etc.).

• Data unloading (similar to adapters for extraction, but working for writing).

The disadvantages of ETL include:

• Restrictions on scaling.

• Lack of ability to integrate data from multiple sources within a single operation.

The introduction of ETL technology is one of the solutions to the problems of systems integration. There are many successfully implemented systems on the market, and there are open implementations.

Разработка Web-сервиса документооборота заявок с использованием гибкого механизма управления данными

Новиков А.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Задача сбора данных участников – неотъемлемый процесс, выполняемый во многих сферах, особенно в научных журналах и конференциях. Подача заявки на научное мероприятие часто сопровождается заполнением большого объема данных, при этом необходимо обеспечить удобный пользовательский интерфейс и в то же время возможность гибкой конфигурации настроек. Разрабатываемый авторами проект «Лаборатория конференций» предлагает комплексное решение для организации и поддержки полного цикла мероприятия. Научная конференция может иметь секции любого уровня вложенности, на секцию пользователи подают заявки, в свою очередь заявки содержат набор полей, а каждое поле обладает набором свойств (название, тип, обязательность к заполнению, шаблон валидации, текст ошибки и т.д.).

Для организатора часто возникает необходимость автоматической сортировки и фильтра заявок по определенному критерию. Механизм работы с данными реализован в виде отдельного модуля, поэтому для решения подобных задач внедрена поддержка конфигурационных JSON-объектов, с помощью которых корректируется поведение бизнес-логики у определенного мероприятия. Например, в зависимости от выбранной формы участия, меняется набор полей обязательных к заполнению и присваивается категория (просмотр и доступ к изменению которой должен быть только у организационного комитета). В формате JSON можно указать id поля, значение при котором произойдет определенное событие. На текущий момент возможно два события: скрытие полей с определенными id, автозаполнение поля в соответствии с определенным набором правил.

Права доступа к полю хранятся в базе данных сразу для трех типов пользователей (администратор, секретарь, пользователь). Значению "--" соответствует отсутствие доступа, "r-" – только чтение, "rw" – чтение и перезапись. Например, "rwr---" будет обозначать возможность просмотра и редактирования значения поля администратором, только просмотра секретарем и отсутствие доступа у автора. В дальнейшем по значениям поля можно производить сортировку и фильтр заявок.

В результате добавления конфигурации и разграничения прав доступа имеем возможность более гибко настроить взаимодействие оргкомитета и участника мероприятия.

Development of a Web service for document flow of applications using a flexible data management system

Novikov A.Yu.
MAI, Moscow, Russia

The task of collecting participant data is an integral process carried out in many areas, especially in scientific journals and conferences. Submitting an application for a scientific event is often

accompanied by filling in a large amount of data, while it is necessary to provide a convenient user interface and, at the same time, the possibility of flexible configuration of settings. The ConfLab project developed by the authors offers a comprehensive solution for organizing and supporting the full cycle of an event. A scientific conference can have sections of any nesting level, users submit applications for a section, in turn, applications contain a set of fields, and each field has a set of properties (name, type, required filling, validation template, error text, etc.).

For the organizer, it is often necessary to automatically sort and filter applications according to a specific criterion. The mechanism for working with data is implemented as a separate module, therefore, to solve such problems, support for configuration JSON objects has been introduced, with the help of which the behavior of business logic for a particular event is adjusted. For example, depending on the chosen form of participation, the set of required fields changes and a category is assigned (viewing and access to the change of which should only be with the organizing committee). In JSON format, you can specify the id of the field, the value at which a certain event will occur. At the moment, two events are possible: hiding fields with specific id, autocomplete a field in accordance with a specific set of rules.

Access rights to the field are stored in the database for three types of users at once (administrator, secretary, user). The value "-" corresponds to no access, "r-" - read only, "rw" - read and overwrite. For example, "rwr ---" will indicate the ability to view and edit the field value by the administrator, only to be viewed by the secretary, and the author has no access. In the future, orders can be sorted and filtered by field values.

As a result of adding a configuration and differentiating access rights, we have the opportunity to more flexibly configure the interaction of the organizing committee and the event participant.

Разработка модуля для логирования приложения построенного с использованием фреймворка Flask на Python

Нужденко Н.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Логирование – это средство отслеживания событий, которые происходят при запуске некоторого программного обеспечения. Разработчик программного обеспечения добавляет логирование в свой код, чтобы указать определенные события, которые необходимо описать. Описание события может дополнительно содержать данные некоторых переменных (т. е. данные, которые потенциально различны для каждого события). События также имеют значения, которые разработчик может задать, например, уровень события: DEBUG, INFO и т.д.

Основной проблемой, решаемой в рамках данной работы, является отсутствие гибких и мощных модулей (библиотек) для логирования приложения, реализованного с помощью Flask, на языке Python. В результате был реализован гибкий метод-декоратор, позволяющий вести логирование маршрутов фреймворка Flask, а также устанавливать флаги, например, уровень, на усмотрение разработчика и его предпочтений.

Для возможности логирования специфических сообщений или отдельных элементов в любом месте кода был реализован метод простого логирования для удобства разработчика, т.к. ему не придётся использовать сторонние средства для этих целей.

Также в ходе работы была реализована удобная настройка обработчика хранения логов, что позволяет как выводить их консоль и записывать в файл, так и отправлять их непосредственно в Kafka или Elasticsearch. Это позволяет использовать модуль в различных проектах, что несомненно добавляет гибкости, т.к. уменьшает вероятность конфликта с другими модулями и позволяет избавиться от сторонних библиотек.

Development of a module for logging an application using the Flask framework in Python

Nuzhdenko N.S.
MAI, Moscow, Russia

Logging is a means of tracking events that occur when some software is started. The software developer adds logging to his code to indicate certain events that need to be described. The event

description may additionally contain data of some variables (i.e. data that is potentially different for each event). Events also have values that the developer can set, for example, the event level: DEBUG, INFO, etc.

The main problem solved in this work is the lack of flexible and powerful modules (libraries) for logging an application implemented using Flask in Python. As a result, a flexible decorator method was implemented that allows logging routes of the Flask framework, as well as setting flags, for example, the level, at the discretion of the developer and his preferences.

To be able to log specific messages or individual elements anywhere in the code, a simple logging method was implemented for the convenience of the developer, since he does not have to use third-party tools for these purposes.

Also, during the work, a convenient configuration of the log storage handler was implemented, which allows both to output them to the console and write them to a file, and send them directly to Kafka or Elasticsearch. This allows the module to be used in various projects, which undoubtedly adds flexibility, since it reduces the likelihood of conflict with other modules and allows you to get rid of third-party libraries.

Методы и средства интерактивной синхронизации структур декларативного языка моделирования веб-приложений и базы данных

Овсянников А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Неотъемлемым элементом системы взаимодействия структур декларативного языка моделирования веб-приложений и базы данных является синхронизация, с помощью которой обеспечивается их взаимодействие, и совместимый переход от одного к другому. При этом синхронизатор получает все изменения от интерпретатора, и соответствующе перестраивает внутренние структуры. Здесь главная задача синхронизатора заключается в обеспечении такого взаимодействия, при котором интерпретатор может приступать к исполнению обновленной логики сразу, не боясь за нарушение структур данных. Также для упрощения оперирования синхронизацией структур необходимо ввести интерактивную систему управления синхронизатором, позволяющую производить наименьшее число действий оператору, следящему за системой, не требующие специальных навыков или знаний администрирования программных комплексов.

Трудности, вызывающие необходимость внедрения мануального управления системой связаны с особенностями декларативного языка моделирования веб-приложений. К примеру, в работе системы синхронизации сначала проверяется количество структур и количество файлов, затем просматривается дата изменения, и если есть несовпадение, то считается что произошло изменение. В таком случае происходит полное перестроение структуры кода, с последующим синтаксическим анализом всех произошедших изменений. Синхронизатор производит перестроение базы данных в соответствии с этими изменениями. При этом появляется задача корректного перестроения базы данных, так как следуя прямой логике работы, сложно определить, был ли блок данных переименован, или же это совершенно новый объект. Для разрешения такого рода проблем и вводится дополнительные средства интерактивной синхронизации структур.

Methods and tools for interactive synchronization of structures of the declarative modeling language for web applications and databases

Ovsyannikov A.S.
MAI, Moscow, Russia

An integral element of the system of interaction between the structures of the declarative modeling language of web applications and the database is synchronization, through which their interaction is ensured, and a compatible transition from one to the other. At the same time, the synchronizer receives all the changes from the interpreter, and rebuilds the internal structures accordingly. Here, the main task of the synchronizer is to ensure such interaction, in which the interpreter can proceed to execution of the updated logic immediately, without fear of violating data structures. Also, to

simplify the operation of synchronizing structures, it is necessary to introduce an interactive synchronizer control system that allows the operator to perform the least number of actions to monitor the system that do not require special skills or knowledge of the administration of software complexes.

The difficulties causing the need for the introduction of manual control of the system are associated with the features of the declarative modeling language of web applications. For example, in the work of the synchronization system, the number of structures and the number of files are first checked, then the date of the change is viewed, and if there is a discrepancy, it is assumed that a change has occurred. In this case, there is a complete restructuring of the code structure, followed by a syntactic analysis of all the changes that have occurred. The synchronizer rebuilds the database in accordance with these changes. At the same time, the task of correctly rebuilding the database appears, since following the direct logic of the work, it is difficult to determine whether the data block has been renamed, or whether it is a completely new object. To solve such problems, additional means of interactive synchronization of structures are introduced.

Оптимизация решений при ограничении числа проектных переменных

[1]Офицеров В.П., [2]Смирнов С.В.
[1]МАИ, г. Москва, Россия;
[2]Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия

В докладе изложен подход к постановке и решению оптимизационных задач линейного и нелинейного типов. От классической задачи линейного программирования оптимального распределения ограниченных ресурсов между заданными n переменными рассматриваемая постановка отличается необходимостью учета дополнительного ограничения: ресурс должен быть распределен не более чем по d заранее неизвестным переменным (где d не больше n). Распределение ресурса по набору d заранее неизвестных переменных должно обеспечивать оптимальное значение целевой функции по отношению к другим вариантам состава проектных переменных из этого же множества. Предложенный метод решения основан на развитии идей динамического программирования. Он распространяется и на некоторые виды нелинейных целевых функций. Рассматривается последовательность целевых функций, использующих на первом шаге одну переменную, выбираемую для каждого возможного значения ресурсов так, чтобы было получено оптимальное значение целевой функции от одной переменной. На втором шаге рассматривается последовательность целевых функций, содержащих в решении две переменные. При этом используются результаты, полученные на первом шаге. Далее процесс повторяется d раз с добавлением на каждом шаге одной переменной. Приведены доказательства оптимальности получаемых решений. Отличие от классического метода Беллмана заключается в построении рекурсивных уравнений вычисления промежуточных значений целевых функций на базе числа переменных, определяющих эти значения. В классическом методе [3] в рекурсивных вычислениях участвуют фиксированные номера переменных, а не их число. Классические методы можно применять только путём сведения исходной постановки задачи к набору задач без дополнительных ограничений на число используемых в решении переменных. Таких задач будет достаточно много, так как придется рассматривать в исходных постановках все возможные сочетания переменных из n по d, где d - число переменных в решении выбираемых из n возможных. После решения классическими методами всех полученных таким образом задач необходимо выбрать из них оптимальное. Доказано, что предложенный метод решения обладает значительно большей эффективностью. Рассмотренные в докладе математические постановки задач и алгоритмы их решения имеют ряд актуальных практических приложений. Например, можно сформулировать задачу выбора ограниченного числа типов ракет-носителей из возможного набора типов для оптимального выполнения программ космических исследований [1], или задачу оптимального размещения ограниченной номенклатуры грузов на ограниченных складских площадях [2] и другие подобные [3].

Литература:

1. Офицеров В.П. Об оптимальном выполнении программы космических исследований заданным числом типов ракет-носителей. //АН СССР Космические исследования. – 1980. – 18, № 4. – С. 550–555.

2. Офицеров, В.П. Моделирование и оптимизация снабженческой деятельности для крупных компаний /В.П. Офицеров, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды Vмеждународной конф. (17-21 июня 2003 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2003. – С. 197–205

3. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1965. – 460 с.

Optimization of decisions at restriction of number of design variables

[1]Ofitserov V.P., [2]Smirnov S.V.

[1]MAI, Moscow, Russia;

[2]Institute for the Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia

In the report the approach to statement and the solution of optimizing problems of linear and nonlinear types is stated. Between the set n variable the considered statement differs from classical problem of linear programming of optimum distribution of limited resources in need of accounting of additional restriction: the resource has to be distributed no more than on d to in advance unknown variables (where d no more n). Distribution of resource on set d of in advance unknown variables has to provide best value of target function in relation to other options of structure of design variables from the same set. The offered method of solution is based on development of the ideas of dynamic programming. It extends also to some types of nonlinear target functions. The sequence of the target functions using on the first step one variable chosen for each possible value of resources so that best value of target function has been received from one variable is considered. On the second step the sequence of the target functions containing two variables in the decision is considered. At the same time the results received on the first step are used. Further process repeats d of times with addition on each step of one variable. Proofs of optimality of the received decisions are provided. The difference from classical method of Bellman consists in creation of the recursive equations of calculation of intermediate values of target functions on the basis of number of the variables defining these values. In recursive calculations the fixed numbers of variables, but not their number participate in classical method [3]. Classical methods can be applied only by data of initial problem statement to set of tasks without additional restrictions for number of the variables used in the decision. There will be many such tasks as it is necessary to consider in initial statements all possible combinations of variables from n on d where d - number of variables in the decision chosen from n possible. After the decision as classical methods of all tasks received thus it is necessary to choose from them optimum. It is proved that the offered method of solution has considerably bigger efficiency. The mathematical statements of tasks and algorithms of their decision considered in the report have number of relevant practical applications. For example, it is possible to formulate problem of the choice of limited number of types of carrier rockets from possible set of types for optimum implementation of programs of space researches [1], or problem of optimum placement of the limited nomenclature of cargoes on limited warehouse spaces [2] and others similar [3].

References:

1. V.P. Ofitserov. About optimum implementation of the program of space researches the set number of types of carrier rockets.//AH USSR Space researches. – 1980. – 18, No. 4. – Page 550–555.

2. Officers, V.P. Modeling and optimization of supply activity for the large companies / Accusative. Ofitserov, S.V. Smirnov//Problems of management and modeling in complex systems: Works Vmezhdunarodnoy konf. (on June 17-21, 2003, Samara, Russia). – Samara: SAMNZ RAHN, 2003. - Page 197–205

3. R. Bellman, S. Dreyfus. Applied problems of dynamic programming. – M.: Science, 1965. - 460 pages.

Методология роботизированного фотограмметрического мониторинга дефектов нижней части наружной поверхности воздушного судна на его стоянке

Петрухин В.А., Черноморский А.И., Белобжеский Л.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Представлена методология роботизированного фотограмметрического мониторинга дефектов нижней части наружной поверхности воздушного судна (ВС) на его стоянке. Актуальность решения этой проблемы вытекает из практических потребностей обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации ВС. Носителем аппаратуры мониторинга является робот, построенный на основе двухколесного одноосного наземного гироскопического стабилизатора с двухстепенной платформой, управляемой относительно оси колесной пары. Робот оснащен системой управления ориентацией платформы (СУОП), навигационной системой и системой траекторного управления. На платформе установлена система технического зрения, включающая фотокамеры стереопары и лазерного построителя измерительной сетки, проектируемой на поверхность ВС. Предварительно применительно к конкретному типу ВС определяется потребная для реализации мониторинга траектория перемещения робота вокруг ВС, включающая контрольные точки. Робот перемещается по траектории и останавливается в контрольных точках, в которых путем управления двигателями колесной пары, а также двигателями маховиков СУОП осуществляется необходимая программная ориентация визирной линии фотокамер по отношению к поверхности ВС. Производится фотосъемка соответствующего участка поверхности. На основе обработки результатов фотосъемки с построением карты глубин определяется направление истинной нормали к поверхности ВС, формируются корректирующие сигналы на исполнительные двигатели СУОП и осуществляется уточненная выставка визирной линии по направлению истинной нормали. Производится дополнительная фотосъемка в текущей контрольной точке траектории. Полученный таким образом набор фотоснимков из разных контрольных точек обрабатывается фотограмметрическим методом для восстановления трехмерной модели нижней части наружной поверхности ВС. Осуществляется сравнение геометрии восстановленной модели с ее идеальной геометрией и определяются параметры дефектов наружной поверхности ВС, зафиксированные в восстановленной модели.

Methodology for robotic photogrammetric defect monitoring of the lower part of outer surface of an aircraft at its parking lot

Petrukhin V.A., Chernomorsky A.I., Belobzhesky L.A.
MAI, Moscow, Russia

The methodology of robotic photogrammetric defect monitoring of the lower part of outer surface of an aircraft at its parking lot is presented. The urgency of solving this problem stems from the practical needs of ensuring reliable and safe operation of the aircraft. The carrier of the monitoring equipment is a robot built based on a two-wheeled uniaxial ground gyroscopic stabilizer with a two-degree platform controlled relative to the axis of the wheelset. The robot is equipped with a platform orientation control system (POCS), a navigation system and a trajectory control system. A computer vision system is installed on the platform, which includes stereo pair cameras and a laser measuring grid projected onto the aircraft surface. Preliminarily, for a specific type of aircraft, the trajectory of the robot around the aircraft, which is required for monitoring, is determined, including control points. The robot moves along the trajectory and stops at control points, at which, by controlling the motors of the wheelset, as well as the motors of the flywheels of the POCS, the required programmed orientation of the sight line of the cameras with respect to the aircraft surface is carried out. The photo is taken of the corresponding area of the surface. Based on the processing of the results of photography with the construction of a depth map, the direction of the true normal to the aircraft surface is determined, corrective signals are generated to the executive motors of the POCS, and an adjusted alignment of the hairline is carried out in the direction of the true normal. Additional photographs are taken at the current control point of the trajectory. The set of photographs obtained in this way from different control points is processed by the photogrammetric method to restore a three-dimensional model of the lower part of the outer surface of the aircraft. The geometry of the

reconstructed model is compared with its ideal geometry, and the parameters of the defects of the outer surface of the aircraft, recorded in the reconstructed model, are determined.

Методика обеспечения надежного контактактирования выводов BGA-микросхем с тестовым оборудованием

[1]Попов И.А., [2]Смирнов К.К., [2]Назаров А.В.
[1]ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, [2]МАИ, г. Москва, Россия

В докладе рассматриваются основные проблемы контактирования BGA-микросхем с тестовым оборудованием в процессе функционального и параметрического контроля. Высказано предположение, что причиной ухудшения этого контакта и увеличение переходного сопротивления является возникновение интерметаллических соединений и побочных химических реакций в точках контакта. Для подтверждения данного предположения был проведен ряд экспериментов.

В первом эксперименте проводилось повторное оплавление выводов после операции электротермотренировки. Это оплавление устраняло паразитные соединения. Численным показателем изменения числа паразитных соединений служило усилие сдвига одного шарикового вывода. Во время второго эксперимента данная последовательность действий проводилась в разных точках процесса испытаний. Были сформированы несколько групп микросхем. Первая группа подверглась оплавлению также, как и в первом эксперименте, вторая подвергалась оплавлению перед операцией электротермотренировки. На основе первых двух экспериментов был проведен третий эксперимент, в котором микросхемы разных типов в корпусах одного типа подверглись оплавлению в начале всего процесса испытаний. Эта операция исключала влияние перепадов температур.

По результатам экспериментов разработана методика проведения технологических операций, позволившая существенно увеличить прочность шариковых выводов микросхем.

Литература:

1. Smirnov K., Ushkar M., Nazarov A., Borovov A. Methods to ensure reliable contact the VLSI with test equipment. // Int. J. Nanotechnol .Vol. 16, 2019, pp. 447-465. DOI: 1.0.1504/IJNT.2019.106618

2. Смирнов К. К., Сухов А. Г., Цимбалов А. С. Проблемы проведения испытаний микросхем в металлополимерных корпусах типа BGA. М.: Труды МАИ, 2017, выпуск 93.

Method of ensuring contact of BGA-microcircuits pins with test equipment

[1]Popov I.A., [2]Smirnov K.K., [2]Nazarov A.V.
[1]SRISA/NIISI RAS, [2]MAI, Moscow, Russia

The report discusses the main problems of contact of BGA-microcircuits with test equipment. It has been suggested that the cause of the breakdown of this contact is the occurrence of intermetallic compounds and side chemical reactions at the points of contact. To confirm this assumption, a number of experiments were carried out.

In the first experiment, the leads were reflowed again after the electric ther-mal training operation. This reflow eliminated parasitic connections. The shear force of one ball lead served as a numerical indicator of the change in the number of parasitic connections. During the second experiment, this sequence of actions was carried out at different points in the testing process. Several groups of microcircuits were investigated. The first group was reflowed as in the first experiment, the second was reflowed before the operation of electrical thermal training. Based on the first two experiments, a third experiment was carried out, in which microcircuits of different types in packages of the same type were reflowed at the beginning of the entire testing process. This operation excluded the influence of temperature drops.

Based on the results of the experiments, a technique was developed for car-rying out technological operations, which made it possible to significantly in-crease the strength of the ball leads of microcircuits.

References:

1. Smirnov K., Ushkar M., Nazarov A., Borovov A. Methods to ensure reliable contact the VLSI with test equipment. // Int. J. Nanotech-nol. Vol. 16, 2019, pp. 447-465. DOI: 1.0.1504 / IJNT.2019.106618

2. Smirnov KK, Sukhov AG, Tsimbalov AS Problems of testing microcir-cuits in metal-polymer cases of BGA type. M .: Trudy MAI, 2017, issue 93.

Анализ влияния частоты корректирующей информации на оценку элементов вектора состояния в задаче трансферной выставки ИНС

Пронькин А.Н., Веремеенко К.К., Жарков М.В., Кузнецов И.М.

МАИ, г. Москва, Россия

Инерциальная навигационная система (ИНС) является информационным ядром большинства как автономных, так и пилотируемых авиационных средств. Для автономного функционирования ИНС необходимо реализовать процедуру начальной выставки [1-3]. Одним из этапов этой процедуры является этап определения угловой ориентации измерительного блока ИНС. От качества проведения начальной выставки существенно зависит качество функционирования ИНС. Реализация процедуры начальной выставки на подвижном аппарате вызывает дополнительные сложности, существуют различные варианты выставки на движущемся объекте [4]. Один из подходов заключается в сравнении данных о координатах, проекциях скоростей и углов ориентации, выставляемой ИНС от ИНС носителя (трансферная выставка) и построении на основе этих измерений оптимального оценивателя [5]. В вектор состояния такого оценивателя принято включать ошибки определения координат, скорости изменения этих ошибок, ошибки ориентации базового трёхгранника и систематические параметры ошибок гироскопов и акселерометров. Определённую сложность при реализации трансферной выставки вызывает то, что ориентация выставляемой ИНС в общем случае не совпадает с ориентацией ИНС носителя, помимо этого при построении измерений необходимо учитывать наличие временного запаздывания информации от ИНС носителя [6]. В результате, при построении оптимального оценивателя в вектор состояния необходимо дополнительно включать такие параметры как угловое рассогласование и транспортную задержку. Стоит отметить, что на характер оценивания элементов вектора состояния может оказывать частота измерений. Целью настоящей работы является исследование влияния частоты измерений на элементы вектора состояния при трансферной выставке на подвижном объекте. В качестве оценивателя был выбран оптимальный фильтр Калмана [7]. В работе дается анализ поведения оцениваемых параметров, в зависимости от частоты измерений. Приводятся графические результаты.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015

Литература:

1. Андрев В.Д. Теория инерциальной навигации. Автономные системы. М.: Наука, 1966, 580 с.

2. Алешин Б.С. и др. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные навигационные технологии. М.: Физматлит, 2006. – 424 С.

3. Веремеенко К.К. и др. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. М.: Физматлит, 2009. – 556 С.

4. Липтон А. Выставка инерциальных систем на подвижном основании. М.: Наука, 1971. 168 с.

5. К.К. Веремеенко, М.В. Жарков, И.М. Кузнецов, А.Н. Пронькин, Трансферная выставка БИНС: алгоритмические особенности и численный анализ характеристик // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2020. №4.

6. K. Lee, E.N. Jonson, State and Parameter Estimation Using Measurements with Unknown Time Delay, IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA), 2017, pp1402-1407

7. С.С. Ривкин, Р.И. Ивановский, А.В. Костров, Статистическая оптимизация навигационных систем. – Л., Судостроение, 1976, с.280.

The analysis of correction data frequency influence on state vector elements estimation in the INS transfer alignment task

Pronkin A.N., Veremeenko K.K., Zharkov M.V., Kuznetsov I.M.
MAI, Moscow, Russia

The Inertial Navigation System (INS) is the information core of the majority of both autonomous and manned aircraft. For the INS autonomous operation, it is necessary to implement the procedure of the initial alignment [1-3]. One of the stages of this procedure is the INS measuring unit angular attitude determination. The quality of the INS operation significantly depends on the quality of the initial alignment. The implementation of the initial alignment procedure on a movable base causes additional difficulties, there are various options for an alignment on a moving object [4]. One of the approaches is to compare data of coordinates, velocity projections and attitude angles of the INS being aligned from the carrier's INS (transfer alignment) and build an optimal estimator based on these measurements [5]. In the state vector of such an estimator, it is accepted to include errors in determining coordinates, the rate of change of these errors, attitude errors of the basic coordinate system and systematic error parameters of gyroscopes and accelerometers. A certain difficulty in the transfer alignment implementation is that the attitude of the INS being aligned generally does not coincide with the carrier's INS attitude, in addition, when taking measurements, it is necessary to take into account the presence of information time delay from the carrier's INS [6]. As a result, when designing an optimal estimator, it is necessary to additionally include to the state vector such parameters as angular misalignment and transport delay. It is worth noting that the frequency of measurements can influence the way of the state vector elements estimation. The purpose of this work is to study the influence of the measurement frequency on the state vector elements estimation during a transfer alignment on a moving object. The optimal Kalman filter was chosen as the estimator [7]. The paper analyzes the behavior of the estimated parameters, depending on the frequency of measurements. Graphical results are given.

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher education of the Russian Federation (theme No. FSFF-2020-0015).

References:

1. Andreev V.D. Theory of inertial navigation. Autonomous systems. Moscow: Nauka, 1966, 580 p.

2. Aleshin B.S. et al. Orientation and navigation of mobile objects: modern navigation technologies. Moscow: Fizmatlit, 2006– - 424 P.

3. Veremeenko K.K. et al. Modern information technologies in the tasks of navigation and guidance of unmanned maneuverable aircraft. Moscow: Fizmatlit, 2009. - 556 P.

4. Arthur H. Lipton. Alignment of inertial systems of a moving base – M.: Nauka, 1971. – 167 p.

5. K.K. Veremeenko, M.V. Zharkov, I.M. Kuznetsov, A.N. Pronkin, Strapdown inertial navigation system transfer alignment: algorithmic features and simulation performance analysis //RUSSIAN AERONAUTICS, 2020, 63(4):618-626.

6. K. Lee, E.N. Jonson, State and Parameter Estimation Using Measurements with Unknown Time Delay, IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA), 2017, pp1402-1407

7. S.S. Rivkin, R.I. Ivanovsky, A.V. Kostrov, Statistical optimization of navigation systems. - L., Shipbuilding, 1976, p.280.

Моделирование процесса построения группы беспилотных летательных аппаратов в различные трехмерные фигуры

Протасов В.И., Потапова З.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Развиваемый в МАИ подход к децентрализованному управлению целесообразным поведением группы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях радиомолчания по заложенным в бортовые компьютеры (БК) программам является достаточно простым для его осуществления. Каждый БПЛА является независимым объектом, управляющим своим движением исходя из заданной миссии и анализа своего расположения и расположения других объектов, препятствий, активных и пассивных помех своему движению в пространстве.

Информацию о расстоянии, размерах и расположении объектов в пространстве он получает от системы технического зрения.

Управляющие воздействия на органы управления БПЛА осуществляются по данным БК, рассчитанным исходя из молекулярно-динамических расчетов с учетом пространственно-временных параметров заданной миссии.

В БК заложен требуемый закон движения группы в виде зависимостей координат центра тяжести (ЦТ) всей системы БПЛА от времени. У каждого БПЛА задано смещение по координатам относительно ЦТ. При смене миссии для перестроения группы в новую конфигурацию в заданный момент времени вводятся новые значения смещений. В точку пространства с координатами ЦТ плюс координаты этих смещений помещается виртуальный потенциал воздействия этого центра силы на данный БПЛА в виде параболической зависимости энергии взаимодействия от расстояния. Исходя из молекулярно-динамических расчетов определяются компоненты сил и скоростей БПЛА, соответствующие движению в группе. Расчет остальных взаимодействий (с соседними БПЛА, активными и пассивными помехами) осуществляется, с использованием потенциала Ленарда-Джонса с сильной отталкивательной ветвью.

Молекулярно-динамическое моделирование движения группы БПЛА в условиях интенсивного воздействия активных помех при перестроении группы в различные геометрические фигуры показало простоту и эффективность данного подхода к самоуправлению группы БПЛА. В качестве трехмерных фигур использовались сфера, квадрат, линия и текст “HELLO WORLD”.

Modeling the process of constructing a group of unmanned aerial vehicles in various three-dimensional shapes

Protasov V.I., Potapova Z.E.
MAI, Moscow, Russia

A scientific approach to decentralized control of the expedient behavior of a group of unmanned aerial vehicles (UAVs) in radio silence has been developing at MAI for several years. Each UAV is an independent object that controls its movement based on a given mission and analysis of its location and the location of other objects, obstacles, active and passive hindrances to its movement in space. It receives information about the distance, size and location of objects in space from the computer vision system.

Control actions on the UAV controls are carried out according to the data of the on-board computer (BC), calculated on the basis of molecular dynamics calculations, taking into account the space-time parameters of a given mission.

The law of motion of the group is incorporated into the on-board computer in the form of time dependences of the coordinates of the center of gravity (CG) of the entire UAV system. Coordinate offset relative to the CG is specified for each UAV. New offset values at a given point in time are entered when changing a mission to rebuild the group into a new configuration. The virtual potential of the impact of this center of force on this UAV is placed at a point in space with the coordinates of the CG plus the coordinates of these displacements in the form of a parabolic dependence of the interaction energy on distance. The components of the forces and velocities of the UAV are determined based on molecular dynamics calculations. The calculation of the remaining interactions (with neighboring UAVs, active and passive interference) is carried out using the Lenard-Jones potential with a strong repulsive branch.

Molecular dynamics modeling of the movement of a UAV group has shown the simplicity and effectiveness of this approach to self-control of a UAV group under conditions of intense exposure to active interference when the group is rebuilt into various geometric shapes. A sphere, square, line and the text “HELLO WORLD” were used as 3D shapes.

Решение задачи классификации биотипов и эко-мониторинга природных заповедников

Рудько И.Д., Кейно П.П., Хорошко Л.Л.
МАИ, г. Москва, Россия

В рамках данной работы будет спроектирована и реализована информационно-аналитическая система на базе платформы системы управления контентом Directum-RX. Система представляет собой уникальное решение для автоматизации процессов и процедур экологического мониторинга (далее экомониторинг) Особо Охраняемых Природных Территорий (далее ООПТ) Российской Федерации. Решение разрабатывается на основе существующих материалов и данных по автоматизации задач экомониторинга, с применением современных методов и практик предметной области и в области информационных технологий и информационных систем.

Система является комплексным инструментом для работы сотрудников заповедников и включает набор стандартных и заказных модулей по тематике экомониторинга. Разработка средств автоматизации ООПТ велась в РФ продолжительное время, но материалы и база данных экологических наблюдений являются разрозненными и неструктурированными. Разработка современной платформы сбора и аналитики данных и скорейшая интеграция накопленной информации ООПТ в глобальную систему, а также последующая возможность преобразования результатов исследований, предоставит возможность российской науке выйти на новый уровень по обработке данных и подготовке прогнозных моделей.

Основные цели внедрения системы:

1. Фиксация данных наблюдений сотрудниками ООПТ.
2. Перевод данных по наблюдения в электронную форму с быстрым доступом сотрудников ООПТ к этим данным.
3. Внесение оперативных сведений о состоянии объектов эко-мониторинга.
4. Централизованный учет и аналитическая отчетность по биологическому мониторингу ООПТ (структура сбора привязана к существующему административному устройству ООПТ).
5. Сбор фото и видео фиксаций в единую базу данных.
6. Управление регламентами и хранение документов в единой базе данных.
7. Совмещение данных эко мониторинга с данными Геоинформационных Систем (далее ГИС) систем.
8. Модуль распознавания типов животных по фото материалам.
9. Возможность получения наглядных отчётов.
10. Построение математических моделей прогноза.

Для реализации системы была выбрана платформа Directum-RX, российского производителя компании Директум. Ключевой возможностью платформы RX является способность адаптировать бизнес-процессы и структуры данных под Заказчика.

Основными объектами мониторинга являются типы животных, проживающие на территории ООПТ, следовательно, первой задачей является классификация животных и других типов объектов экосистемы.

Отдельной важнейшей задачей автоматизации является фиксация фото с последующей классификацией полученной информации с использованием технологий нейросетей. В совокупности система будет накапливать структурированные данные, которые могут быть использованы научными командами для прогнозирования и разработки аналитики животного мира как в отдельно взятом регионе, так и на всей территории РФ.

В заключении, необходимо отметить, что разработка данного системы является комплексной задачей и будет корректироваться в соответствие с самыми передовыми практиками в области тематических научных практик и информационных и технологий. Система предполагает одновременную работу более 500 пользователей и является высоконагруженной, поэтому в части разработки архитектуры системы будут использованы современные облачные сервисы российского производителя.

Solution for classification of biotypes and eco monitoring of Russian nature reserves task

Rudko I.D., Keyno P.P., Khoroshko L.L.
MAI, Moscow, Russia

As part of this work, an information and analytical system based on the Directum-RX content management system platform will be designed and implemented. The system is a unique solution for automating the processes and procedures of environmental monitoring (hereinafter referred to as environmental monitoring) of Specially Protected Natural Areas (hereinafter SPNA) of the Russian Federation. The solution is developed on the basis of existing materials and data on the automation of environmental monitoring tasks, using modern methods and practices of the subject area and in the field of information technology and information systems.

The system is a comprehensive tool for the work of reserve staff and includes a set of standard and custom modules on the topic of environmental monitoring. The development of automation tools for protected areas has been carried out in the Russian Federation for a long time, but the materials and database of environmental observations are scattered and unstructured. The development of a modern platform for collecting and analyzing data and the speedy integration of the accumulated information of protected areas into the global system, as well as the subsequent possibility of transforming research results, will provide an opportunity for Russian science to reach a new level in data processing and preparation of predictive models.

The main goals of the system implementation:

1. Fixation of observation data by the staff of the protected areas.
2. Conversion of observation data into electronic form with quick access to these data for PA staff.
3. Entering operational information about the state of eco-monitoring objects.
4. Centralized accounting and analytical reporting on biological monitoring of protected areas (collection structure is tied to the existing administrative structure of protected areas).
5. Collecting photo and video recordings into a single database.
6. Management of regulations and storage of documents in a single database.
7. Combining eco-monitoring data with the data of Geographic Information Systems (hereinafter GIS) systems.
8. Module for recognizing animal types by photo materials.
9. The ability to obtain visual reports.
10. Construction of mathematical forecast models.

For the implementation of the system, the Directum-RX platform, a Russian manufacturer of the Directum company, was chosen. A key capability of the RX platform is the ability to adapt business processes and data structures to the Customer.

The main objects of monitoring are the types of animals living in the protected areas, therefore, the first task is to classify animals and other types of ecosystem objects.

A separate most important task of automation is capturing a photo with the subsequent classification of the information obtained using neural network technologies. In the aggregate, the system will accumulate structured data that can be used by scientific teams for forecasting and developing analytics of the animal world both in a single region and throughout the Russian Federation.

In conclusion, it should be noted that the development of this system is a complex task and will be adjusted in accordance with the most advanced practices in the field of thematic scientific practices and information and technology. The system assumes the simultaneous operation of more than 500 users and is highly loaded, therefore, in the development of the system architecture, modern cloud services of a Russian manufacturer will be used.

Разработка и исследование электромеханических магнитожидкостных устройств

Сайкин М.С., Федосеева В.П.
ИГЭУ, г. Иваново, Россия

Магнитные жидкости (МЖ) нашли применение в электромеханических устройствах различного назначения и позволили решить широкий круг научно-технических задач.

Разработаны электромеханические магнитожидкостные герметизаторы (ЭМЖГ). Они относятся к классу бесконтактных щелевых уплотнений и имеют низкий собственный момент трения. Одним из трёх компонентов МЖ является жидкость-носитель, физико-химические свойства которой определяют область её применения.

При разработке ЭМЖГ вращающихся валов и разъемных соединений глубокого и сверхглубокого вакуума используется МЖ на кремний-органической основе или вакуумном масле. Разработаны магнитожидкостные герметизаторы для уплотнения вращающихся валов диаметром от 8 до 1500 мм при линейной скорости вращения до 20 м/с и температуре эксплуатации 120-130°С. Они применяются в космических аппаратах и в вакуумном технологическом оборудовании [1].

Разработаны электромеханические магнитожидкостные датчики (МЖД) диагностики пространственного положения и виброконтроля технических объектов. На корпусе датчиков расположена измерительная обмотка, в которой наводится ЭДС при изменении динамического состояния датчика. Чувствительным элементом датчиков является подвижный кольцевой постоянный магнит, который находится в магнитной жидкости и перемещается в корпусе датчика с низким коэффициентом трения, что обеспечивает высокое быстродействие МЖД.

Для приведенных электромеханических устройств с МЖ проводились численные и экспериментальные исследования на специально разработанных стендах и натурных образцах [2,3]. В ходе расчетных и экспериментальных исследований получена высокая сходимость результатов. Для магнитожидкостных герметизаторов она составляет 3-7%, для магнитожидкостных датчиков 12-15%.

Литература:

1. Сайкин М.С. Магнитожидкостные герметизаторы технологического оборудования: Монография. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 136 с.

2. Федосеева В.П., Сайкин М.С. Разработка магнитожидкостных виброметрических датчиков. В сборнике 19-ой Международной Плёсской конференции по нанодисперсным магнитным жидкостям. Сборник научных трудов. Иваново, 2020. С.262-268.

3. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Разработка магнитожидкостных датчиков диагностики динамического состояния технических объектов./ Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение». 2020. N3 (63). С.83-97.

Development and research of electromechanical magnetic fluid devices

Saykin M.S., Fedoseeva V.P.

ISEU, Ivanovo, Russia

Magnetic fluids (MF) have found application in electromechanical devices for various purposes and have made it possible to solve a wide range of scientific and technical problems.

Electromechanical magnetic fluid seals (EMFG) have been developed. They belong to the class of non-contacting gap seals and have a low self-friction torque. One of the three components of an MF is a carrier fluid, the physicochemical properties of which determine the scope of its application.

In the development of EMFG of rotating shafts and detachable joints of deep and ultrahigh vacuum, an MF on an organic silicon base or vacuum oil is used. Magnetic-liquid dock seals have been developed for sealing rotating shafts with a diameter of 8 to 1500 mm at a linear rotation speed of up to 20 m/s and an operating temperature of 120-130 °C. They are used in spacecraft and in vacuum processing equipment [1].

Electromechanical magnetic fluid sensors (MFD) for the diagnostics of the spatial position and vibration control of technical objects have been developed. A measuring winding is located on the body of the sensors, in which the EMF is induced when the dynamic state of the sensor changes. The sensing element of the sensors is a movable annular permanent magnet, which is located in the magnetic fluid and moves in the sensor housing with a low friction coefficient, which ensures a high speed of the MZhD operation.

For the given electromechanical devices with MF, numerical and experimental studies were carried out on specially designed stands and full-scale samples [2,3]. In the course of computational and

experimental studies, a high convergence of the results was obtained. For magneto-liquid hermetic seals it is 3-7%, for magneto-liquid sensors 12-15%.

References:

1. Saykin M.S. Magnetic fluid seals of technological equipment: Monograph. - SPb .: Publishing house "Lan", 2017. - 136 p.

2. Fedoseeva V.P., Saykin M.S. Development of magnetic-fluid vibrometric sensors. In the collection of the 19th International Plyos conference on nanodispersed magnetic fluids. Collection of scientific papers. Ivanovo, 2020.S. 262-268.

3. Saykin M.S., Fedoseeva V.P. Development of magnetic fluid sensors for diagnostics of the dynamic state of technical objects. / Modern high technologies. Regional Supplement ". 2020. N3 (63). S.83-97.

Методика прогнозирования причин отказов ультрабольших интегральных схем по результатам функционального контроля

Смирнов К.К., Блинов В.В., Назаров А.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время разработчики радиоэлектронной аппаратуры всё чаще используют в своих проектах ультрабольшие интегральные схемы (УБИС), уровень интеграции которых на порядок и более превышает уровень интеграции традиционных сверхбольших интегральных схем (СБИС). На этапах производства и испытания УБИС существенно возрастает трудоёмкость получения и обработки результатов измерений. Если на этапе функционального контроля любой СБИС массив данных измерений не превышает нескольких тысяч значений, то применительно к УБИС указанный массив измеряется уже десятками тысяч значений.

Существующие в настоящее время методы и инструменты анализа результатов измерений не удобны для визуального восприятия человеком и практически не позволяют сравнивать результаты измерений партий между собой. В докладе рассмотрены методы и инструменты математической статистики применительно к анализу результатов измерений полупроводниковых изделий в условиях производства УБИС. Так как изготовление партий разных типов микросхем разнесено во времени, за которое могут измениться условия производства (состояние оборудования, кадровый состав предприятия, материалы, внешние факторы и прочее), то можно сделать вывод, что только визуальный анализ позволяет быстро отреагировать на изменение этих факторов.

Основной задачей исследований в данной работе является нахождение группы показателей, которые позволяют назвать причины возникновения отказов полупроводниковых пластин при производстве УБИС. В результате работы были получены зависимости параметров от различных производственных факторов и предложены методы прогнозирования причин отказов путем визуального отображения результатов измерений. Результаты прогнозирования получены с помощью аппарата математической статистики.

Konstantin Smirnov, Alexander Nazarov, Alexander Engalychev, Preparation and processing of big data during of industrial testing of VLSI, SCIREA Journal of Materials. Vol. 5 , No. 2 , 2020 , pp. 17 - 28.

Methodology for predicting the causes of failures of ultra-large-scale integrated circuits based on the results of functional control

Smirnov K.K., Blinov V.V., Nazarov A.V.

MAI, Moscow, Russia

Currently, developers of electronic equipment are increasingly using ultra-large-scale integrated circuits (ULSI) in their projects, the level of integration of which is an order of magnitude or higher than the level of integration of traditional very-large integrated circuits. At the stages of production and testing of ULSI, the complexity of obtaining and processing measurement results increases significantly. If at the stage of functional control of any VLSI the array of measurement data did not exceed several thousand values, then in relation to ULSI the specified array is already measured in tens of thousands of values.

The currently existing methods and tools for analyzing measurement results are not convenient for human visual perception and practically do not allow comparing the results of measurements in different groups. The report discusses the methods and tools of mathematical statistics in relation to the analysis of the results of measurements of semiconductor products in the production of ULSI. Since the production of batches of different types of microcircuits is spaced apart in time, during which the production conditions (the state of the equipment, the staff of the enterprise, materials, external factors, etc.) can change, it can be concluded that only a visual analysis allows you to quickly respond to changes in these factors.

The main task of the study in this work is to find a group of indicators that make it possible to name the reasons for the occurrence of failures of semiconductor wafers during the production of ULSI. As a result of the work, the dependences of the ULSI parameters on various production factors were obtained and methods for predicting the causes of failures were proposed with helping the visual display of the measurement results. The forecasting results were obtained using the apparatus of mathematical statistics.

Konstantin Smirnov, Alexander Nazarov, Alexander Engalychev, Preparation and processing of big data during of industrial testing of VLSI, SCIREA Journal of Materials. Vol. 5 , No. 2 , 2020 , pp. 17 - 28.

Методика отладки алгоритмов системы автоматического управления вертолётов транспортной авиации

Ульянов Д.В., Егоров А.А., Сурков Д.А., Курис Э.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящий момент использование комплексов полунатурного моделирования (КПМ) является одним из подходов к верификации алгоритмов САУ беспилотных летательных аппаратов (БЛА), в частности вертолёта. Такой подход позволяет провести испытания программного обеспечения в соответствии со стандартом КТ-178 как процесс верификации объектного кода САУ для выбранной математической модели вертолёта, заданных критериев САУ, а также моделей блока датчиков и исполнительных механизмов вертолёта.

Методика отладки разрабатывается совместно отделом автоматизации эксперимента (ОАЭ) института №3 и кафедрой 305. Проведён анализ существующих методик тестирования и отладки алгоритмов и ПО применительно к САУ. Рассмотрены методики, основанные как на отечественном ПО (SimInTech), так и на зарубежном (SCADE, Matlab, Labview). Разработан перечень критериев качества функционирования САУ вертолета для типовых режимов его полета (перечень команд управления) и рассмотрены типичные базы данных датчиков систем бортовых измерений и исполнительных механизмов. Были выбраны математические модели характерных внешних воздействий на вертолёт и: климатических условий (ветер, высота, температура, влажность и т.п.), а также сформирован перечень аварийных ситуаций (идентификатор ситуации (вибрации, обрыв датчиков и т.п., время возникновения, время окончания воздействия и т.п.).

Для выбранных математической модели вертолёта и стенда полунатурного моделирования приведён пример реализации методики отладки алгоритмов САУ.

Methods for debugging algorithms of the automatic control system of transport aviation helicopters

Ulyanov D.V., Egorov A.A., Surkov D.A., Kuris E.D
MAI, Moscow, Russia

At the moment, the use of semi-natural modeling complexes (KPM) is one of the approaches to verifying the algorithms of the self-propelled control system of unmanned aerial vehicles (UAVs), in particular a helicopter. This approach allows testing software in accordance with the KT-178 standard as a process of verifying the ACS object code for the selected mathematical model of the helicopter, the specified ACS criteria, as well as the models of the sensor unit and the helicopter actuators.

The debugging methodology is developed jointly by the Experiment Automation Department (UAE) of Institute No. 3 and Department 305. The analysis of the existing testing and debugging

methods of algorithms and software in relation to the ACS is carried out. Methods based on both domestic software (SimInTech) and foreign (SCADE, Matlab, Labview) are considered. A list of quality criteria for the functioning of the ACS of a helicopter for typical modes of its flight (a list of control commands) has been developed and typical databases of sensors of on-board measurement systems and actuators have been considered. Mathematical models of typical external influences on the helicopter were selected and: climatic conditions (wind, altitude, temperature, humidity, etc.), and a list of emergency situations was formed (situation identifier (vibration, breakage of sensors, etc., time of occurrence, the time of the end of the impact, etc.).

For the selected mathematical model of the helicopter and the semi-natural simulation stand, an example of the implementation of the methodology for debugging the ACS algorithms is given.

Проектирование и разработка инструментов для тестирования и отладки интернет-сервисов в изолированной среде

Усанин А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Архитектура современных информационных систем в сети интернет состоит из большого числа интернет-сервисов, связанных между собой. Большинству сервисов при обработке входящих запросов требуется получить данные от других сервисов, поэтому довольно сложно найти сервис, который бы не имел каких-либо внешних зависимостей. Особенно сильно такая сильная взаимосвязь наблюдается в микро-сервисной архитектуре.

Одни сервисы получают данные от других с помощью REST или gRPC, что сужает зону ответственности каждого сервиса, но довольно сильно затрудняет его тестирование и отладку. Разработчики этих сервисов перед развертыванием в боевой среде должны полностью проверить функционал сервиса с помощью функционального тестирования. Также им необходимо проводить нагрузочное тестирование сервиса, чтобы проверять, какую нагрузку он сможет выдержать и искать его узкие места.

Обе эти задачи усложняются тем, что сервис имеет внешние зависимости от других сервисов. Возникают следующие проблемы:

1. При функциональном тестировании невозможно заранее определить поведение внешних сервисов и проверить, совершал ли тестируемый сервис внешний вызов.
2. При нагрузочном тестировании созданная нагрузка на тестируемый сервис создаст повышенную нагрузку на внешние сервисы, которую они могут не выдержать, а результаты будут для всей системы в целом, а не конкретно для тестируемого сервиса.

Для имитации внешних зависимостей уже существуют такие инструменты как Hoverfly, API Simulator, Camouflage и другие. Но все они либо не поддерживают gRPC - один из популярных фреймворков в микро-сервисной архитектуре, либо не предполагают использование для нагрузочного тестирования.

Для решения этих проблем предлагается разработать набор инструментов, который позволит запустить сервис, изолировав его от внешних зависимостей и выполнить набор тестов. Поведение внешних сервисов будет имитировать специальный сервис, код которого генерируется на основе указанных спецификаций API. Инструмент будет поддерживать имитацию REST и gRPC, а также гибкую настройку формирования времени ответа для каждого метода. Тестируемый сервис вместо вызова реального сервиса будет отправлять запрос в имитирующий сервис, который будет возвращать ответ на основе заранее заданных правил. Пользователь будет управлять имитирующим сервисом с помощью консольной утилиты.

В результате проделанной работы было проведено сравнение существующих решений для тестирования сервисов в изолированной среде. Была спроектирована архитектура инструмента, который позволит выполнять тестирование интернет-сервиса, имитируя поведение его внешних зависимостей – других сервисов. Разрабатываемый инструмент будет иметь открытый исходный код и распространяться по лицензии GPLv3. Главным отличием от аналогичных программ будет способность поддерживать наиболее популярные способы

межсерверного взаимодействия, такие как gRPC, REST, web socket, а также расширенный набор параметров внешних сервисов.

Design and development of tools for testing and debugging Internet services in an isolated environment

Usanin A.S.
MAI, Moscow, Russia

The architecture of modern information systems on the Internet consists of a large number of Internet services interconnected. Most services, when processing incoming requests, need to receive data from other services, so it is quite difficult to find a service that does not have any external dependencies. This strong relationship is especially strong in microservice architecture.

Some services receive data from others using REST or gRPC, which narrows the area of responsibility of each service, but makes it quite difficult to test and debug. The developers of these services must fully test the functionality of the service using functional testing before deploying them to a production environment. They also need to make stress test the service to check how much load it can handle and look for bottlenecks.

Both of these tasks are complicated by the fact that a service has external dependencies on other services. The following problems arise:

1. In functional testing, it is impossible to predetermine the behavior of external services and check whether the service being tested made an external call.

2. During load testing, the created load on the tested service will create an increased load on external services, which they may not be able to withstand, and the results will be for the entire system as a whole, and not specifically for the service under test.

To simulate external dependencies, there are already tools such as Hoverfly, API Simulator, Camouflage and others. But all of them either do not support gRPC – one of the popular frameworks in microservice architecture, or do not imply use for load testing.

To solve these problems, it is proposed to develop a set of tools that will allow starting the service, isolating it from external dependencies and executing a set of tests. The behavior of external services will simulate a special service, the code of which is generated based on the specified API specifications. The tool will support REST and gRPC imitation, as well as flexible configuration of the response time generation for each method. The service under test, instead of calling the real service, will send a request to the mock service, which will return a response based on predefined rules. The user will manage the simulated service using a console utility.

As a result of the work done, a comparison was made of existing solutions for testing services in an isolated environment. The architecture of the tool was designed to allow you to test an Internet service by simulating the behavior of its external dependencies - other services. The developed tool will be open source and distributed under the GPLv3 license. The main difference from similar programs will be the ability to support the most popular methods of interserver communication, such as gRPC, REST, web socket, as well as an extended set of parameters for external services.

Распознавание отходов на этапе сортировки на мусороперерабатывающих предприятиях

Усманов А.Т.
МАИ, г. Москва, Россия

Несмотря на усилия, предпринимаемые Правительством о внедрении раздельного сбора твердых коммунальных отходов (№ 734-ПП от 18.06.2019), неотъемлемой частью процесса переработки мусора являются сортировочные линии, предназначенные для отделения из них фракций отходов с целью их последующего превращения во вторичное сырье. Сегодня в России насчитывается около 200 мусороперерабатывающих предприятий, где сортировка отходов на конвейере проводится вручную. Это тяжелый и «грязный» труд. К 2030 году планируется увеличить число таких заводов до 800, поэтому использование искусственного интеллекта на этапе сортировки мусора приобретает особую актуальность.

В рассматриваемой работе предлагается автоматизировать процесс сортировки мусора путем использования компьютерного зрения для определения вида отходов и разделения их на конвейерной ленте.

Для решения задачи распознавания отходов использовались нейронные сети, которым присущ принцип параллельной обработки сигналов, реализующийся путем объединения большого числа нейронов в слои с последующей послойной обработкой их взаимодействия.

Структурная идентификация нейросетевой модели проводилась на основании алгоритма, позволяющего выбрать используемые функции активации, количество слоев сети и количество нейронов в каждом слое. Алгоритм является итерационным. Каждая итерация включает два этапа: этап обучения нейронной сети и этап модификации топологии нейросетевой модели.

В процессе обучения над лентой была установлена видеокамера для получения фотографий разного вида отходов в условиях, близких к условиям последующего распознавания. Таким образом были сформированы обучающая и тестовая выборки.

Создание и обучение нейронной сети проводилось в платформе Loginom Community Edition, в которую встроены современные методы извлечения, визуализации и анализа данных.

Для реализации процесса распознавания сортировочный конвейер оснащается видеокамерой и устройством извлечения и перемещения отходов. Нейросеть с технологией компьютерного зрения сопоставляет изображение предмета, находящегося на конвейере, с изображениями, хранящимися в памяти. В случае распознавания предмет с конвейерной ленты перемещается в соответствующий контейнер.

Таким образом, применение искусственного интеллекта для сортировки бытовых отходов позволяет существенно сократить ручную сортировку и повысить производительность мусороперерабатывающих предприятий.

Waste recognition at the sorting stage in waste processing plants

Usmanov A.T.
MAI, Moscow, Russia

Despite the efforts made by the Government to introduce separate collection of solid municipal waste (No. 734-PP dated 06/18/2019), sorting lines are an integral part of the waste processing process, designed to separate waste fractions from them with the aim of their subsequent conversion into secondary raw materials. Today in Russia there are about 200 waste processing enterprises, where waste sorting on the conveyor is carried out manually. This is hard and dirty work. By 2030, it is planned to increase the number of such factories to 800, so the use of artificial intelligence at the stage of garbage sorting is of particular relevance.

In the work under consideration, it is proposed to automate the process of sorting waste by using computer vision to determine the type of waste and separate them on a conveyor belt.

To solve the problem of waste recognition, neural networks were used, which are inherent in the principle of parallel signal processing, which is implemented by combining a large number of neurons into layers with subsequent layer-by-layer processing of their interaction.

The structural identification of the neural network model was carried out on the basis of an algorithm that allows you to select the activation functions used, the number of network layers and the number of neurons in each layer. The algorithm is iterative. Each iteration includes two stages: the stage of training the neural network and the stage of modifying the topology of the neural network model.

In the process of training, a video camera was installed over the tape to obtain photographs of various types of waste in conditions close to the conditions of subsequent recognition. Thus, the training and test samples were formed.

The creation and training of the neural network was carried out in the Loginom Community Edition platform, which has built-in modern methods for extracting, visualizing and analyzing data.

To implement the recognition process, the sorting conveyor is equipped with a video camera and a device for extracting and moving waste. A neural network with computer vision technology

compares the image of an object on the conveyor with the images stored in memory. In case of recognition, the object is moved from the conveyor belt to the appropriate container.

Thus, the use of artificial intelligence for sorting household waste can significantly reduce manual sorting and increase the productivity of waste processing plants.

Распознавание отходов на этапе сортировки на мусороперерабатывающих предприятиях

Усманов А.Т., Пчельникова-Гротова О.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Несмотря на усилия, предпринимаемые Правительством о внедрении раздельного сбора твердых коммунальных отходов (№ 734-ПП от 18.06.2019), неотъемлемой частью процесса переработки мусора являются сортировочные линии, предназначенные для отделения из них фракций отходов с целью их последующего превращения во вторичное сырье. Сегодня в России насчитывается около 200 мусороперерабатывающих предприятий, где сортировка отходов на конвейере проводится вручную. Это тяжелый и «грязный» труд. К 2030 году планируется увеличить число таких заводов до 800, поэтому использование искусственного интеллекта на этапе сортировки мусора приобретает особую актуальность.

В рассматриваемой работе предлагается автоматизировать процесс сортировки мусора путем использования компьютерного зрения для определения вида отходов и разделения их на конвейерной ленте.

Для решения задачи распознавания отходов использовались нейронные сети, которым присущ принцип параллельной обработки сигналов, реализующийся путем объединения большого числа нейронов в слои с последующей послойной обработкой их взаимодействия.

Структурная идентификация нейросетевой модели проводилась на основании алгоритма, позволяющего выбрать используемые функции активации, количество слоев сети и количество нейронов в каждом слое. Алгоритм является итерационным. Каждая итерация включает два этапа: этап обучения нейронной сети и этап модификации топологии нейросетевой модели.

В процессе обучения над лентой была установлена видеокамера для получения фотографий разного вида отходов в условиях, близких к условиям последующего распознавания. Таким образом были сформированы обучающая и тестовая выборки.

Создание и обучение нейронной сети проводилось в платформе Loginom Community Edition, в которую встроены современные методы извлечения, визуализации и анализа данных.

Для реализации процесса распознавания сортировочный конвейер оснащается видеокамерой и устройством извлечения и перемещения отходов. Нейросеть с технологией компьютерного зрения сопоставляет изображение предмета, находящегося на конвейере, с изображениями, хранящимися в памяти. В случае распознавания предмет с конвейерной ленты перемещается в соответствующий контейнер.

Таким образом, применение искусственного интеллекта для сортировки бытовых отходов позволяет существенно сократить ручную сортировку и повысить производительность мусороперерабатывающих предприятий.

Waste recognition at the sorting stage in waste processing plants

Usmanov A.T., Pchelnikova-Grotova O.N.
MAI, Moscow, Russia

Despite the efforts made by the Government to introduce separate collection of solid municipal waste (No. 734-PP dated 06/18/2019), sorting lines are an integral part of the waste processing process, designed to separate waste fractions from them with the aim of their subsequent conversion into secondary raw materials. Today in Russia there are about 200 waste processing enterprises, where waste sorting on the conveyor is carried out manually. This is hard and dirty work. By 2030, it is planned to increase the number of such factories to 800, so the use of artificial intelligence at the stage of garbage sorting is of particular relevance.

In the work under consideration, it is proposed to automate the process of sorting waste by using computer vision to determine the type of waste and separate them on a conveyor belt.

To solve the problem of waste recognition, neural networks were used, which are inherent in the principle of parallel signal processing, which is implemented by combining a large number of neurons into layers with subsequent layer-by-layer processing of their interaction.

The structural identification of the neural network model was carried out on the basis of an algorithm that allows you to select the activation functions used, the number of network layers and the number of neurons in each layer. The algorithm is iterative. Each iteration includes two stages: the stage of training the neural network and the stage of modifying the topology of the neural network model.

In the process of training, a video camera was installed over the tape to obtain photographs of various types of waste in conditions close to the conditions of subsequent recognition. Thus, the training and test samples were formed.

The creation and training of the neural network was carried out in the Loginom Community Edition platform, which has built-in modern methods for extracting, visualizing and analyzing data.

To implement the recognition process, the sorting conveyor is equipped with a video camera and a device for extracting and moving waste. A neural network with computer vision technology compares the image of an object on the conveyor with the images stored in memory. In case of recognition, the object is moved from the conveyor belt to the appropriate container.

Thus, the use of artificial intelligence for sorting household waste can significantly reduce manual sorting and increase the productivity of waste processing plants.

Теоремы об ограничении времени последних интервалов оптимального управления и их применение для решения задачи оптимального по быстродействию управления системами высокого порядка

[1]Фаворский К.Г., [2]Фаворский Е.К.
[1]МАИ, [2]Юнион 17, г. Москва, Россия

Рассматривается система управления для объекта управления высокого порядка с критерием управления, в котором подынтегральная функция равна единице. Применение лишь только одной теоремы об n-интервалах позволяет решить задачи синтеза систем оптимального управления. Принципы построения оптимальных регуляторов для объектов второго и третьего порядка приведены в литературе [Л]. Для объектов высокого порядка проектировщик сталкивается с большими трудностями. Существует МНЕНИЕ, что оптимальное по быстродействию управление для объектов высокого порядка можно реализовать в два – три интервала. Это мнение противоречит теореме об n-интервалах и правилу построения гиперповерхности оптимального переключения. Математический принцип перевода состояния объекта из точки начальных условий (НУ) в конечную точку на практике не может быть реализован, так как требует идеальной точности. При инженерной постановке задачи в техническом задании (ТЗ) задаётся время и погрешность приведения. Управлению за меньшее количество интервалов, будет соответствовать ошибка не доведения состояния до конечной точки по оптимальной траектории движения изображающей точки. Ошибка не доведения состояния определяется областью изменения переменных состояния за времена отброшенных интервалов. Теорема об ограничении времени для объектов с неположительными действительными корнями в пространстве состояний определяет границу между множеством А и В. Доказано, что для НУ, принадлежащих множеству А, времена последних интервалов ограничены величинами, меньшими, чем постоянные времени апериодических звеньев, при не ограниченном увеличении нормы вектора НУ. В задачах синтеза систем оптимального управления высокого порядка необходимо кроме теоремы об n-интервалах привлекать теорему об ограничении времени. По предельным временам определяется погрешность не доведения, которую сравнивают с ТЗ. Такая процедура даёт гарантированную возможность управления в меньшее количество интервалов, из НУ, принадлежащих области А, не превышая погрешность, заданную в ТЗ, что существенно упрощает проектирование регулятора. Следовательно,: чтобы управлять за меньшее

количество интервалов (нарушать теорему об n интервалов), необходимо ограничивать начальные условия множеством A и определять погрешность не доведения состояния по предельным временам последних интервалов

Time bound theorems for the last intervals of the optimal control and their application for solving the problem of optimal in terms of speed of control of high-order systems

[1]Favorskiy K.G., [2]Favorskiy E.K.
[1]MAI, [2]Union 17, Moscow, Russia

A control system is considered for a high-order control object with a control criterion in which the integrand is equal to one. The application of only one theorem on n-intervals allows us to solve the problems of synthesis of optimal control systems. The principles of constructing optimal controllers for second and third order objects are given in the literature [L]. For high-order objects, the designer faces great difficulties. There is an OPINION that the speed-optimal control for high-order objects can be implemented in two or three intervals. This opinion contradicts the n-interval theorem and the rule for constructing the optimal switching hypersurface. The mathematical principle of transferring the state of an object from the point of initial conditions (IC) to the end point cannot be implemented in practice, since it requires perfect accuracy. In the engineering formulation of the problem, the time and the reduction error are specified in the terms of reference (TOR). Control over a smaller number of intervals will correspond to the error of not bringing the state to the end point along the optimal trajectory of the representing point. The error of not bringing the state is determined by the area of change of the variables of the condition during the times of the discarded intervals. The theorem on the time limitation for objects with non-positive real roots in the space of conditions determines the boundary between the sets A and B. It's been proved that for IC belonging to set A the periods of the last intervals are limited by values which are less than the constants of the periods of the aperiodic elements with the IC vector's norm being unlimitedly increasing. In the problems of synthesizing high-order optimal control systems, it is necessary, in addition to the theorem on n-intervals, to invoke the theorem on time constraints. The time limit is used to determine the error of non-completion, which is compared with the TOR. This procedure provides a guaranteed possibility of control in a lesser number of intervals from the control devices from IC belonging to the set A, without exceeding the error specified in the TOR, which greatly simplifies the design of the controller. Therefore, in order to control over a smaller number of intervals (to violate the n intervals theorem), it is necessary to limit the initial conditions to the set A and to determine the error of not bringing the state to the limit times of the last intervals

Порождение множества конфигураций для разных категорий отношений

Фадеев М.М., Балакирев Н.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

При решении задачи анализа и синтеза речи, базируясь на отношениях «равенства», «больше», «меньше» удалось описать поток данных, связанных с волновыми явлениями, в компактной форме в виде «примитивов», аналог паттерна [1], и рассмотреть их, как лингвистическую основу описания всего потока данных. Естественным вопросом, возникающим в ходе такого описания, является вопрос количественной оценки множества конфигураций, порождаемых отношениями характерных точек [2,3]. В отличие от рассмотрения У. Гренандера [1], в котором конфигурация определяется составом и структурой, в нашем случае, основой формирования таких структур является категория отношений и соответствующие им критерии отношений. Важнейшим утверждением в данном случае является, то, что определяющим в порождении конфигураций является сущность отношений, которую можно выразить в виде критериев их формирования.

При подобии отношений принадлежности и равенства они имеют разные критерии, по которым мы можем их связывать и рассматривать, как единую конфигурацию, хорошо представляемую матрицей отношений [3]:

Критерии «А» для категории принадлежности:

1. Если один элемент принадлежит множеству, другой также принадлежит этому множеству, то отношение между ними будет равно единице.

2. Если один элемент принадлежит множеству, а другой нет, то отношение между ними будет равно нулю.

Критерии «Б» для категории равенства:

1. Если любой первый элемент множества равен любому второму элементу множества, а второй элемент равен любому третьему элементу, то первый и третий элементы равны между собою.

2. Если любой первый элемент множества не равен любому второму элементу множества, а второй элемент не равен любому третьему элементу, то первый и третий элемент могут быть равны и в той же мере не равны между собой.

3. Если любой первый элемент множества не равен любому второму элементу множества, а второй элемент равен любому третьему элементу, то первый и третий элемент могут быть не равны между собой.

Если составить матрицу отношений с учетом выше указанных критериев, то относительно критериев «А», то мы имеем количество матриц отношений при n элементах рассмотрения 2 в степени n конфигураций. Относительно критериев «Б», количество возможных конфигураций зависит более сложным образом от n и естественно будет меньше.

В ходе исследования по оценке числа конфигураций были написаны программы получения таких конфигураций и получена аналитическая формула для вычисления количества конфигураций.

На основе отношений «равенства», «больше», «меньше» были созданы система качественного извлечения содержания волн [3] и комплекс по исследованию их закономерностей, основанный на анализе и синтезе.

Литература:

1. Гренандер, Ульф. Лекции по теории образов [Текст] : [В 3 т.] / Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева ; Под ред. Ю. Журавлева. - Москва : Мир, 1979-1983. - 22 см.

2. Балакирев Н.Е. Количественная и качественная оценка исследуемых объектов на примере простейших отношений. Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии, 2016, №2. Стр. 70 -77

3. Балакирев Н.Е., Нгуен Хоанг Зуй, Малков М.А., Фадеев М.М. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи Программные продукты и системы / Программные продукты и системы. 2018. № 4 (31). С. 768-776

Generating multiple configurations for different categories of relationships

Fadeev M.M., Balakirev N.E.
MAI, Moscow, Russia

When solving the problem of speech analysis and synthesis, based on the relations "equal", "more", "less", it was possible to describe the data flow associated with wave phenomena in a compact form in the form of "primitives", an analog of the pattern [1], and consider them as a linguistic basis for describing the entire data flow. A question that arises during such a description is the question of quantifying the set of configurations generated by relations of characteristic points [2, 3]. In contrast to the consideration of U. Grenander [1], in which configuration defined by composition and by structure, in our case, the basis of the formation of such structures is relationship category and corresponding one's relationship criteria. The most important statement is that the defining factor in generating configurations is entity relationships, which can be expressed as criteria of their formation.

If the relationship is similar accessories and equalities, they have different criteria by which we can use them bind and consider it as a single configuration, well represented by the matrix of relations [3]:

Criteria "A" for the belong category:

1. If one element belongs to a set and the other also belongs to this set, then the relation between them will be equal to one.

2. If one element belongs to the set and the other does not, then the relation between them will be zero.

Criteria "B" for the equality category:

1. If any first element of the set is equal to any second element of the set, and the second element is equal to any third element, then the first and third elements are equal.

2. If any first element of the set is not equal to any second element of the set, and the second element is not equal to any third element, then the first and third elements can be equal and equally not equal.

3. If any first element of the set is not equal to any second element of the set, and the second element is equal to any third element, then the first and third elements may not be equal.

If we make a relationship matrix considering the above criteria, then relative to the criteria "A", then we have the number of matrices of relations at n elements of consideration 2 to the power of n configurations. With respect to criteria "B", the number of possible configurations depends in a more complex way on n and of course it will be less.

During the study on estimating the number of configurations, programs for obtaining such configurations were written and an analytical formula for calculating the number of configurations was obtained.

Based on relationships «equal», «greater», «less» a system for qualitative extraction of the wave content [3] and a complex for studying their regularities based on analysis and synthesis were created.

References:

1. Grenander, Ulf. Lectures on image Theory [Text]: [In Z t.] / Trans. Translated from English by I. Gurevich and T. Dadashev; edited by Yu. Zhuravlev. Moscow: Mir Publ., 1979-1983, - 22 cm.

2. Balakirev N.E. Quantitative and qualitative assessment of the studied objects on the example of the simplest relations. Bulletin of VSU, series: System Analysis and Information Technologies, 2016, №2. Pages 70-77

3. Balakirev N.E., Nguyen Hoang Zui, Malkov M.A., Fadeev M.M. Structurization and qualitative consideration of the sound flow in the speech synthesis and analysis system / Software products and systems. 2018. №4 (31). pp. 768-776

Методы и инструменты визуализации электронного гардероба на основе объёмных моделей в веб-приложениях

Фомин Р.Д.

МАИ, г. Москва, Россия

ИТ технологии все глубже проникают в нашу жизнь. То, что вчера приходилось делать, приходя в офис, звоня по телефону, сегодня можно сделать с помощью смартфона благодаря сервисам. Такси, еду, одежду, мебель, даже банковские услуги – все это можно получить, не выходя из дома. 2020 и 2021 года показали, что в любой момент может произойти такая ситуация, при которой доступ к различным услугам будет ограничен, необходимо будет соблюдать дистанцию, закроются магазины. Речь идет о пандемии. Людям приходится носить маски, соблюдать социальную дистанцию, кафе, магазины, различные другие заведения закрыты и люди выходят на улицу только для того, чтобы зайти в магазин. Но даже поход в магазин сейчас уже заменяет доставка готовой еды или продуктов на дом, также существует доставка товаров для дома – мебель, посуда, столы пастельное белье. Но у всех этих товаров есть особенность, можно посмотреть состав и размер конкретной вещи и понять подходит ли эта вещь вам. Например, для мебели существуют приложения дополненной реальности, в которых можно разместить интересующий вас предмет прямо у вас в комнате, не выходя на улицу и не создавая интерьер с помощью специального софта.

Но, например, при покупке одежды возникает проблема – все люди разные. Состав одежды, фасон, стиль, все это влияет на то, как будет сидеть одежда на человеке. У людей разной длинны ноги и руки, разная комплектация, и если они хотят купить новую вещь, то прежде всего ее нужно померить, чтобы понять, подходит ли она ему. Есть много приложений, которые предлагают вам выбор одежды и ее можно заказать домой и примерить перед покупкой. Но тут есть проблема как для покупателя, так и для продавца. Для того, кто

покупает одежду, существует риск заражения, так как появляется контакт с человеком, которые эту одежду ему доставляет. Для того, кто продает одежду при таком подходе, появляются издержки – нужно доставить одежду, а затем, если она не подошла, вернуть ее обратно и все это за счет продавца. А также необходимо в центрах выдачи заказов создавать пространства, где можно примерить одежду.

Этого можно избежать если у человека есть возможность онлайн посмотреть, как на нем сидит та или иная вещь, как если бы вы пришли в магазин, померили ее и сделали фотографию. Сделать это возможно, если знать параметры тела человека – высота, диаметр талии, грудой клетки и так далее и состав одежды. Эти параметры можно запросить у человека при входе в приложение, и он введет их вручную, либо попросить человека сделать фотографию и по ней определить все необходимые параметры. Это может быть, как отдельное приложение, так и движок, который встраивается в существующие приложения, такие как Lamoda, Wildberries, Ozon и другие. Подход, который предлагается в этой статье, помогает продавцу тем, что сокращает издержки и покупателю тем, что делает более удобным использование сервисы одежды – не нужно гадать подойдет ему та или иная вещь, и сокращает контакт между человеком и доставщиком, ведь в таком случае можно доставлять одежду в постаматы, тем самым сократив контакт между людьми до минимума.

Methods and tools for visualizing an electronic wardrobe based on three-dimensional models in web applications

Fomin R.D.
MAI, , Russia

IT technologies are penetrating deeper into our lives. What you had to do yesterday, coming to the office, making phone calls, today you can do with a smartphone thanks to services. Taxis, food, clothes, furniture, even banking services - all this can be obtained without leaving home. 2020 and 2021 have shown that at any moment there may be a situation in which access to various services will be limited, it will be necessary to keep a distance, shops will close. We are talking about a pandemic. People have to wear masks, keep a social distance, cafes, shops, various other establishments are closed and people go outside just to go to the store. But even going to the store now replaces the delivery of ready-made food or groceries to the house, there is also a delivery of household goods - furniture, dishes, tables, pastel linen. But all these products have a feature, you can see the composition and size of a particular thing and understand whether this thing suits you. For example, there are augmented reality applications for furniture, in which you can place the object you are interested in right in your room, without going outside and without creating an interior using special software.

But, for example, when buying clothes, there is a problem – all people are different. The composition of clothing, style, style, all this affects how clothes will fit on a person. People have different lengths of legs and arms, different equipment, and if they want to buy a new thing, then first of all it needs to be measured to see if it suits him. There are many applications that offer you a choice of clothes and you can order them home and try them on before buying. But there is a problem for both the buyer and the seller. For someone who buys clothes, there is a risk of infection, as there is contact with the person who delivers these clothes to him. For someone who sells clothes with this approach, there are costs - you need to deliver the clothes, and then, if it did not fit, return it back and all this at the expense of the seller. And it is also necessary to create spaces in order delivery centers where you can try on clothes.

This can be avoided if a person has the opportunity online to see how this or that thing is sitting on it, as if you came to the store, tried it on and took a photo. It is possible to do this if you know the parameters of the human body – height, waist diameter, chest, and so on, and the composition of clothing. These parameters can be requested from a person when logging into the application, and he will enter them manually, or ask a person to take a photo and use it to determine all the necessary parameters. It can be either a separate application or an engine that is embedded in existing applications such as Lamoda, Wildberries, Ozon and others. The approach proposed in this article helps the seller by reducing costs and the buyer by making it more convenient to use clothing services

– there is no need to guess whether this or that thing will suit him, and reduces contact between a person and a deliverer, because in this case it is possible to deliver clothes to pedestals, thereby reducing contact between people to a minimum.

Определение дефектов печатных плат с помощью искусственного интеллекта

Хайрнасов К.З.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается проблема обнаружения дефектов печатных плат с применением компьютерного зрения. Решение указанной проблемы позволяет значительно сократить время и ошибки при обнаружении дефектов проводящего рисунка, слоев и контактных площадок многослойных печатных плат, а также печатных плат в расположенными на них электронными компонентами. Проблема обнаружения дефектов в изделиях с применением методов искусственного интеллекта уделяется большое внимание во многих областях науки и техники, народного хозяйства: текстильной, электронной и оборонной промышленности, строительстве, машиностроении. На начальном этапе разработка алгоритмов и обучение искусственного интеллекта обнаружению дефектов печатных плат сводилась к сравнению эталонных моделей и моделей, содержащих дефекты. Такой подход не всегда приводил к положительным результатам. Поэтому методы обнаружения дефектов совершенствовались путем предварительной обработки изображений. С появлением технологии искусственного интеллекта основанных на сверточных нейронных сетях позволил существенно улучшить качество и количество обнаружения дефектов печатных плат. В основном существующие в настоящее время методы отрабатывают методику обнаружения дефектов проводящего рисунка печатных плат, поскольку обнаружение дефектов печатных плат с расположенными на них электронными компонентами сталкивается с большими трудностями, связанными с затененностью проводящего рисунка, компонентов от рядом расположенных узлов. В настоящее время, достиг значительного прогресса в деле обнаружения дефектов проводящего рисунки печатных плат. В тоже время требуется совершенствование компьютерного зрения для исследования, надежного обнаружения дефектов печатных плат, имеющих большое значение в современной жизни, поскольку они применяются во многих электронных устройствах. Создание компьютерного зрения, позволяющего в короткие сроки обнаруживать дефекты печатных плат, позволит добиться изготовления надежных электронных компонентов и устройств.

Identifying PCB Defects Using Artificial Intelligence

Khayrnasov K.Z.
MAI, Moscow, Russia

The problem of detecting defects in printed circuit boards using computer vision is considered. The solution to this problem can significantly reduce the time and errors in the detection of defects in the conductive pattern, layers and contact pads of multilayer printed circuit boards, as well as printed circuit boards in the electronic components located on them. The problem of detecting defects in products using artificial intelligence methods is given great attention in many areas of science and technology, the national economy: textile, electronic and defense industries, construction, mechanical engineering. At the initial stage, the development of algorithms and training of artificial intelligence in detecting defects in printed circuit boards was reduced to comparing reference models and models containing defects. This approach has not always led to positive results. Therefore, defect detection methods have been improved through preliminary image processing. With the advent of artificial intelligence technology based on convolutional neural networks, it has significantly improved the quality and quantity of PCB defect detection. Basically, the currently existing methods work out the method of detecting defects in the conductive pattern of printed circuit boards, since the detection of defects in printed circuit boards with electronic components located on them encounters great difficulties associated with the shading of the conductive pattern, components from adjacent nodes. Currently, has made significant progress in the detection of defects in the conductive patterns of printed circuit boards. At the same time, improvement of computer vision is required for research,

reliable detection of defects in printed circuit boards, which are of great importance in modern life, since they are used in many electronic devices. The creation of computer vision, which makes it possible to detect defects in printed circuit boards in a short time, will make it possible to achieve the manufacture of reliable electronic components and devices.

Методика оценки деформации в многослойных печатных структурах

Хомутская О.В., Медведев А.М., Васильев Ф.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Современная электроника создаются на основе печатных плат (ПП), являющихся поликомпозитной структорой, состоящей из диэлектрического основания (препрега) и проводящего рисунка (меди). Одним из главных требований, предъявляемых к современным электронным изделиям, является уменьшение массогабаритных показателей электроники. С целью удовлетворения этого требования многослойные печатные платы (МПП) постоянно усложняются, что влечет за собой увеличение плотности элементов и соединений.

Это приводит к возникновению проблемы пространственного совмещения функциональных и нефункциональных контактных площадок слоёв под переходные отверстия. Рассовмещение вызывается деформацией базового композитного материала подложки в слое и погрешностями технологического характера. Дефекты, вызванные с деформацией, выявляются на финальных этапах процесса производства и приводят к снижению выхода годной продукции.

Предлагается усовершенствование методики оценки деформации с помощью программно-аппаратного комплекса, позволяющего сократить трудозатраты и увеличить скорость изготовления за счет оценки деформации, возникающей при изготовлении печатных плат. Дополнительно усовершенствованная методика позволит снизить процент брака выходной продукции.

Существующие САПР не учитывают свойства материала и характеристики техпроцесса во время расчета деформации. Поэтому создана ориентированная на технолога математическая модель, учитывающая параметр материала и технологического процесса, чтобы еще на этапе автоматизированной подготовки технологического процесса производства ПП заранее увидеть возможные области деформации, в том числе критической, влияющие на качество выходной продукции. Модель позволяет, задавая параметры базового материала и проект топологии конкретной платы, получить прогноз изменения геометрии платы после различных технологических операций ее изготовления. Разработанная модель используется в АСТПП в качестве дополнительного модуля для оценки деформации до производства. Для ее усовершенствования проведены исследования по зависимости величины деформации от параметров печатной платы и проекта платы, что позволяет дополнительно снизить погрешность измерений.

Возможна оценка деформации односторонних, двухсторонних и многослойных печатных плат, в том числе одного слоя. Модуль помогает предотвратить смещение контактных площадок, дефекты металлизации и дефекты прессования МПП и на последующих стадиях изготовления и эксплуатации изделия, что снижает процент брака.

Усовершенствованная методика оценки деформации и модуль её реализации позволят снизить суммарную величину деформации после проведения всех операций технологического процесса до 40%. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства высшего образования и науки России, номер темы FSFF-2020-0015.

Deformation assessment tear in multilayer printed structures

Khomutskaya O.V., Medvedev A.M., Vasilyev F.V.
MAI, Moscow, Russia

Modern electronic products are created based on printed circuit boards (PCB), which represent a multilayer structure consisting of a dielectric base and a conductive pattern. One of the main requirements for modern electronic products is to reduce the weight and size of the equipment. To meet this requirement, multilayer printed circuit boards (MPB) are constantly becoming more

complex, the density of interlayer connections is increasing. However, an increase in the density of interlayer compounds is inevitably associated with a decrease in the size of their elements.

This leads to the problem of spatial alignment of the contact pads of the layers under the transition holes. The misalignment is caused by deformation of the base composite material of the substrate in the layer and errors of a technological nature. Defects associated with deformation manifest themselves at the final stages of the technological process and lead to an increase in the number of defective products.

It is proposed to improve the deformation assessment methodology using a hardware and software complex, which allows to reduce labor costs and increase the manufacturing speed by evaluating the deformation that occurs during the manufacture of printed circuit boards. Additionally, the improved technique will reduce the percentage of defective output products.

All existing CAD systems calculate the deformation without considering the properties of the material and the characteristics of the technological process (TP). Therefore, a technologist-oriented mathematical model has been created to see hypothetically dangerous deformation foci affecting the quality of the final product even at the stage of automated preparation of the PCB production process in advance. The model allows, by setting the parameters of the base material and the topology design of a specific board, to obtain a forecast of changes in the geometry of the board after various technological operations of its manufacture. The proposed model can be used as part of the CAM as an independent module for pre-design evaluation of deformation. To improve it, studies have been conducted on the dependence of the deformation value on the parameters of the printed circuit board and the design of the board, which further reduces the measurement error.

The pre-design deformation assessment module allows you to evaluate the deformation of both one layer and several. It helps to prevent cracks in metallization and other defects during the pressing of the package of layers of the MPB and at the subsequent stages of manufacturing and operation of the product, which increases the output quality of products.

The improved deformation assessment methodology and the module of its implementation will reduce the total amount of deformation after all operations of the technological process to 40%. The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Higher Education and Science of Russia, the topic number FSFF-2020-0015.

Навигационная система роботизированного комплекса для оптического мониторинга дефектов наружной поверхности воздушного судна на его стоянке

Хорев Т.С., Черноморский А.И., Заброда А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

С целью обеспечения безопасности полетов воздушное судно (ВС) регулярно проходит техническое обслуживание (ТО), включающее, в частности, предполетный и послеполетный мониторинг дефектов наружной поверхности ВС на его стоянке. В настоящее время эта ежедневная процедура осуществляется специалистами визуально, занимает большое количество времени, а ее результаты носят достаточно субъективный характер. В этой связи актуальной является проблема автоматизации процедуры мониторинга дефектов наружной поверхности ВС на его стоянке.

Для решения этой проблемы перспективным является использование роботизированного комплекса (РК), состоящего из наземного и воздушного роботов, способного осуществлять с помощью специализированной оптики единовременный мониторинг дефектов как верхней, так и нижней частей наружной поверхности ВС [1]. Важной задачей в разработке такого РК является определение параметров навигации и ориентации компонентов РК в общей стартовой системе координат. Для осуществления собственно мониторинга эти компоненты должны быть оснащены видеокамерами, которые целесообразно использовать также для определения параметров навигации и ориентации компонентов на основе применения алгоритма одновременного позиционирования и картографирования (SLAM).

Одним из наиболее перспективных алгоритмов SLAM с применением видеокамеры является алгоритм ORB SLAM [2] и, в частности, его модификация - алгоритм CCM SLAM [2]. Существенным недостатком этого алгоритма является получение параметров навигации и

карты обнаруживаемых особенностей на видеоизображениях в относительных единицах, величины которых зависят от множества эксплуатационных параметров. Кроме того, сервер, используемый при реализации этого алгоритма для общей обработки информации от видеокамер, является отдельным стационарным устройством, информационно связанным с каждым роботом. В настоящей работе предложена новая модификация алгоритма CCM SLAM. При его реализации обработка информации от видеокамер осуществляется на наземном роботе РК. Вектор измерений роботов расширен за счет информации от инерциальных блоков, а также от одометрической системы наземного робота. В такой модификации алгоритм более устойчив к возмущениям, возникающим при резких перемещениях компонентов РК, и обеспечивает измерение линейных перемещений компонентов в метрических единицах.

Для симуляции известного алгоритма CCM SLAM и предлагаемого модифицированного алгоритма в работе используются видеопотоки, получаемые с применением движка Unity на основе специально выстраиваемой трехмерной сцены аэропорта при движении видеокамер по траекториям, близким к траекториям движения компонентов РК, на которых эти камеры установлены, при мониторинге наружной поверхности ВС. На основе результатов симуляции показано, что предложенный алгоритм обеспечивает получение навигационных параметров в метрических единицах при проведении общей обработки информации от видеокамер на наземном роботе.

Литература:

1. Nicolas Colin, Frank Guibert. "Collaborative robot for visually inspecting an aircraft". Patent No.: US 9,952,593 B2 United States Patent, Apr. 24, 2018.

2. "CCM SLAM: Robust and efficient centralized collaborative monocular simultaneous localization and mapping for robotic teams". Schmuck Patrik, Chli Margarita. 36(4), Zurich, Switzerland : Journal of Field Robotics, 2019.

Navigation system of robotic complex for optical monitoring of defects on the outer surface of an aircraft in its parking space

Khorev T.S., Chernomorsky A.I., Zabroda A.A.

MAI, Moscow, Russia

In order to ensure flight safety, the aircraft (AC) regularly undergoes maintenance, including, in particular, pre-flight and post-flight monitoring of defects in the outer surface of the aircraft at its parking space. Currently, this daily procedure is carried out by specialists visually, takes a lot of time, and its results are quite subjective. In this regard, the problem of automating the procedure for monitoring defects in the outer surface of an aircraft at its parking is urgent.

To solve this problem, it is promising to use a robotic complex (RC), consisting of ground and air robots, capable of performing, using specialized optics, a one-time monitoring of defects in both the upper and lower parts of the outer surface of the aircraft [1]. An important task in the development of such a spacecraft is to determine the navigation parameters and orientation of the RC components in a common starting coordinate system. To carry out the actual monitoring, these components must be equipped with video cameras, which are also advisable to use to determine the parameters of navigation and orientation of components based on the application of the algorithm for simultaneous localization and mapping (SLAM).

One of the most promising SLAM algorithms using a video camera is the ORB SLAM algorithm [2] and, in particular, its modification – the CCM SLAM algorithm [2]. A significant drawback of this algorithm is obtaining navigation parameters and a map of detected features on video images in relative units, the values of which depend on a variety of operational parameters. In addition, the server used in the implementation of this algorithm for the general processing of information from video cameras is a separate stationary device that is informationally connected to each robot. In this paper, a new modification of the CCM SLAM algorithm is proposed. When it is implemented, the processing of information from video cameras is carried out on a ground-based robot of RC. The vector of measurements of robots is extended due to information from inertial blocks, as well as from the odometric system of the ground robot. In this modification, the algorithm is more resistant to

disturbances arising from abrupt displacements of the RC components, and provides measurement of the linear displacements of the components in metric units.

To simulate the CCM SLAM algorithm and the proposed modified algorithm, video streams obtained using the Unity engine based on a specially built three-dimensional airport scene when video cameras move along trajectories close to the trajectories of RC components on which these cameras are installed, when monitoring the outer surface AC is used. Based on the simulation results, it is shown that the proposed algorithm provides navigation parameters in metric units during general processing of information from video cameras on a ground robot.

References:

1. Nicolas Colin, Frank Guibert. "Collaborative robot for visually inspecting an aircraft". Patent No .: US 9,952,593 B2 United States Patent, Apr. 24, 2018.

2. "CCM SLAM: Robust and efficient centralized collaborative monocular simultaneous localization and mapping for robotic teams". Schmuck Patrik, Chli Margarita. 36 (4), Zurich, Switzerland: Journal of Field Robotics, 2019.

Автоматизированное формирование онтологических ресурсов в авиакосмической отрасли

Хорошилов А.А., Макарова А.Е.

МАИ, г. Москва, Россия

На современном этапе развития интеллектуальных информационных систем обработки и анализа текстовой информации все большую популярность завоевывают технологии семантического полнотекстового поиска, базирующиеся на смысловом анализе информации, в процессе которого производится извлечение смысла из текстовой информации и трансформация его в формальную смысловую модель метаданных документа. Наиболее эффективным лингвистическим инструментом, позволяющим реализовать такую модель поиска, являются так называемые "онтологии" – модель концептуальных знаний о мире в целом и о предметных областях. Построение онтологий – это сложный и достаточно длительный процесс выявления и систематизации терминологической системы понятий, в котором значительные трудозатраты приходятся на человека-эксперта. Выходом из создавшейся ситуации может быть только автоматизированное создание тематических онтологий большого объема по реальным текстам, относящимся к данной тематике, включая тексты нормативно-технической, проектной и эксплуатационной отраслевой документации.

Автоматизацию процесса формирования тематических онтологий возможно реализовать только на основе современных теоретических представлений о смысловой структуре текстов. Предлагаемые технические решения базируются на современных методах структурирования и формализации смыслового содержания текстов, выявления их понятийного состава, установления парадигматических, синтагматических и ассоциативных связей между наименованиями понятий. К основным методам автоматической обработки текстов можно отнести следующие технологические операции:

Семантико-синтаксический анализ проводится с целью формализованного представления их структуры – выделения в них смысловых единиц и установления связей между ними.

Концептуальный анализ текстов проводится для определения смысловой структуры текстов, выявления их понятийного (концептуального) состава текстов и установления смысловых связей между наименованиями понятий.

Дистрибутивно-статистический анализ текстов обеспечивает установление статистических закономерностей совместной встречаемости наименований понятий.

Технология составления концептуальных (понятийных) частотных словарей по корпусу текстов обеспечивает выявление понятийного состава предметной области для последующей обработки и включения в состав создаваемой онтологии.

Технология автоматического установления смысловых (контекстных и внеконтекстных) связей между наименованиями понятий обеспечивает возможность автоматического установления смысловых связей межу наименованиями понятий отрасли.

На основе предлагаемых технологических решения в НИЦ им. Жуковского был создан онтологический ресурс «Бортовое оборудование летательных аппаратов».

Литература:

И.В. Аблов, Ю.П. Калинин, В.А. Кепов, С.И. Пшеничный, А.А. Хорошилов, М.А. Шевкунов. Методы автоматизированного создания тематических онтологий на базе платформы МЕТАФРАЗ. //Сб. «Технологии гражданской безопасности», том 17, 2021, № 1.

Automated formation of ontological resources in the aerospace industry

Khoroshilov A.A., Makarova A.E.

MAI, Moscow, Russia

At the present stage of development of intelligent information systems for processing and analyzing textual information, technologies of semantic full-text search based on semantic analysis of information are gaining more and more popularity, in the process of which meaning is extracted from textual information and transformed into a formal semantic model of document metadata. The most effective linguistic tool that makes it possible to implement such a search model is the so-called "ontology" – a model of conceptual knowledge about the world as a whole and about subject areas. The construction of ontologies is a complex and rather lengthy process of identifying and systematizing the terminological system of concepts, in which significant labor costs are incurred by a human expert. A way out of this situation can only be the automated creation of large-scale thematic ontologies based on real texts related to this topic, including the texts of regulatory, technical, design and operational industry documentation.

Automation of the process of formation of thematic ontologies can be realized only on the basis of modern theoretical ideas about the semantic structure of texts. The proposed technical solutions are based on modern methods of structuring and formalizing the semantic content of texts, identifying their conceptual composition, establishing paradigmatic, syntagmatic and associative links between the names of concepts. The main methods of automatic word processing include the following technological operations:

Semantic-syntactic analysis is carried out with the aim of a formalized presentation of their structure – the selection of semantic units in them and the establishment of links between them.

Conceptual analysis of texts is carried out to determine the semantic structure of texts, to identify their conceptual (conceptual) composition of texts and to establish semantic links between the names of concepts.

Distributive-statistical analysis of texts ensures the establishment of statistical regularities of the joint occurrence of the names of concepts.

The technology of compiling conceptual (conceptual) frequency dictionaries for the corpus of texts provides for the identification of the conceptual composition of the subject area for subsequent processing and inclusion in the composition of the ontology being created.

The technology of automatically establishing semantic (contextual and non-contextual) links between the names of concepts provides the ability to automatically establish semantic links between the names of concepts in the industry.

Based on the proposed technological solutions at the N.I. Zhukovsky, the ontological resource "Airborne equipment of aircraft" was created.

References:

I.V. Ablov, Yu.P. Kalinin, V.A. Kepov, S.I. Pshenichny, A.A. Khoroshilov, M.A. Shevkunov. Methods for the automated creation of thematic ontologies based on the METAFRAZ platform. // Sat. "Technologies of Civil Security", Volume 17, 2021, No. 1.

Методы и средства оценки целостности сигнала в высокоскоростных печатных платах

Храмцов М.В., Мерзляков Д.А.

ТУСУР, г. Томск, Россия

При проектировании современных высокоскоростных печатных плат (ПП) необходимо обеспечивать целостность сигнала (ЦС). Несоблюдение требований ЦС, может привести к сбоям в работе или выходу из строя радиоэлектронных средств (РЭС). Для оценки ЦС

используются различные методы и средства, которые позволяют избежать ошибок на этапе проектирования ПП.

Для измерения параметров линии передачи (ЛП) применяется однопортовый метод рефлектометрии, позволяющий измерить волновое сопротивление ЛП и задержку сигнала [1]. Двухпортовый метод рефлектометрии позволяет измерить еще и форму прошедшего сигнала. С помощью глазковой диаграммы (ГД) возможно качественно определить эффекты искажения сигнала, влияние помех и ослабления сигнала, которые вызывают межсимвольные помехи в системе передачи данных [2]. К средствам оценки ЦС относятся различные имитационные модели. IBIS-модели микросхем, описывающие вольтамперные характеристики и зависимости напряжения от времени позволяют определить форму сигнала на выходе источника и на входе приемника, с учетом параметров ЛП, тем самым наблюдая как искажается сигнал при передаче. SPICE-модели описывающие электрические параметры элемента позволяют моделировать процессы протекающие в схеме, получать диаграммы напряжений и токов в узлах и ветвях схемы [3]. Touchstone-модели которые описывают S, Y или Z-параметры компонента, можно использовать для моделирования влияния разъемов и развязывающих конденсаторов на ЦС. Рассмотренные методы и средства оценки ЦС, позволяют определить уровень искажений сигнала, что в свою очередь позволяет сократить временные и финансовые расходы на разработку РЭС.

1. Smith P., Furse C., Gunther J. Analysis of Spread Spectrum Time Domain Reflectometry for Wire Fault Location. IEEE Sensors Journal. 2005. Issue 6 Volume 5; pp 1469 -1478

2. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники / Л.Н. Кечиев. – М.: Грифон, 2017. – 424 с.

3. Cuny, R.H.G., SPICE and IBIS Modeling Kits: The Basis for Signal Integrity Analyses, IEEE International Symposium of Electromagnetic Compatibility, August 1996

Methods and tools for evaluate signal integrity in high-speed printed circuit boards

Khramtsov M.V., Merzlyakov D.A.

TUSUR, Tomsk, Russia

Signal integrity (SI) must be ensured when designing modern high-speed printed circuit boards (PCB). Failure to comply with the requirements of the SI can lead to malfunctions or failure of radio electronic equipment (REE). Various methods and tools are used to evaluate the SI to avoid mistakes at the design stage of the PCB.

To measure the parameters of the transmission line (TL), a one-port reflectometry method is used, which allows to measure the characteristic impedance of the TL and the signal delay [1]. The two-port reflectometry method also measures the shape of the transmitted signal. With the help of an eye diagram (ED), it is possible to qualitatively determine the effects of signal distortion, the influence of interference and signal attenuation, which cause intersymbol interference in the data transmission system [2]. The tools of evaluate the SI include various simulation models. IBIS-models of microcircuits, describing current-voltage characteristics and voltage versus time dependences, make it possible to determine the shape of the signal at the output of the source and at the input of the receiver, taking into account the parameters of the TL, thereby observing how the signal is distorted during transmission. SPICE-models describing the electrical parameters of an element allow to simulate the processes occurring in the circuit, to obtain diagrams of voltages and currents in the nodes and branches of the circuit [3]. Touchstone models that describe the S, Y, or Z parameters of a component can be used to simulate the effect of connectors and decoupling capacitors on a SI. The considered methods and tools of evaluate the SI, allow to determine the level of signal distortion, which in turn allows to reduce the time and financial costs for the development of REE.

1. Smith P., Furse C., Gunther J. Analysis of Spread Spectrum Time Domain Reflectometry for Wire Fault Location. IEEE Sensors Journal. 2005. Issue 6 Volume 5; pp 1469 -1478

2. Kechiev L.N. Printed circuit boards and units of gigabit electronics / L.N. Kechiev. - M .: Griffin, 2017 .-- 424 p.

3. Cuny, R.H.G., SPICE and IBIS Modeling Kits: The Basis for Signal Integrity Analyses, IEEE International Symposium of Electromagnetic Compatibility, August 1996

Исследование точности алгоритмов стабилизации траектории посадки поврежденного тяжелого транспортного самолета

Чан К.В., Костюков В.М., Нгуен Н.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Требование высокой экономической эффективности транспортных самолетов не позволяет использовать максимальные коэффициенты надежности конструкции, несмотря на существующие успехи в разработке современных материалов. Следствием этого является наличие вероятности разрушений хотя бы частичной планера ЛА с изменением аэродинамических характеристик, а также изменением параметров конструкции ЛА таких как центровка, масса, отказы силовых устройств рулевых приводов и т.д.

Для решения задач компенсации вынужденных изменений необходимо фактически произвести на борту ЛА перепроектирование САУ под новые измененные характеристики ЛА.

Наличие современных вычислительных комплексов на борту ЛА, а также реальных неограниченных возможностей компьютеров на этапе разработки проекта ЛА позволяет во многом без экспериментальных исследований оценить изменения характеристик ЛА для типовых разрушений конструкции на основе решения уравнений Навье-Стокса и на основании алгоритмов идентификации на борту ЛА выявить вариант отказа и решить задачи дальнейшего управления самолетом.

В связи с вышеизложенным, в работе рассматривается вопрос разработки и оценки работоспособности и достижимой точности адаптивных систем управления, обеспечивающих повышение безопасности движения частично-разрушенного ЛА в режиме посадки.

Соответственно, в работе поставлены и решены следующие задачи:

• Исследование и сравнение алгоритмов адаптивного управления и стабилизации движения ЛА с предварительным корреляционным распознаванием варианта отказа и последующим перерасчетом алгоритма оптимального управления;

• Разработка упреждающих алгоритмов калибровки инерциальной навигационной системы в случае разрушения вторичных источников измерительной информации для обеспечения точности измерительно-вычислительного комплекса в распознавании отказа;

• Разработка программного обеспечения, необходимого для построения модели аэродинамики ЛА с различными вариантами разрушения планера.

An investigation into the accuracy of trajectory control and stabilization algorithm for damaged transport airplane

Tran V.V., Kostiukov V.M., Nguyen N.M.
MAI, Moscow, Russia

As is well known, due to high requirements of economic efficiency in the aviation industry, the usage of high-strength structures for aircraft construction is limited (despite the successes in material science). Consequently, the probability of aircraft damages, such as unpredicted changes of aerodynamic characteristics, center of gravity, mass, actuator failures and etc., rises during the flight. As a result, to reduce the effect of these changes on flight safety, especially during such dangerous phases as landing, one must redesign aircraft control systems adapting to the new values of aircraft's parameters.

Modern onboard computing complexes, as well as almost unlimited capabilities of computers using at the design stage, give us a chance to estimate the variations of aircraft's characteristics (caused by damages) without providing any experiments. Indeed, it is possible thanks to numerically solving the Navier-Stokes equations describing the airflow motion around an airframe. Furthermore, powerful onboard computing systems help us to identify the type of failures and consider new control strategies under new conditions.

In this work, we present a design and estimation of the performance and accuracy of adaptive control systems increasing flight safety in the case of partial damage of a transport airplane during landing.

Accordingly, the following tasks were set and solved:

• Investigation and comparison of adaptive control and stabilization algorithms using correlation technique for failure identification and subsequently rebuilding optimal flight trajectory and control;
• Development of a specific algorithm for in-flight inertial sensor calibration to ensure the accuracy of failure identification;
• Development of a computational program to build aerodynamics and flight dynamics models with various damage scenarios.

Использование искусственного интеллекта для задач управления производством

[1]Чернодед А.И., [1]Васильев В.А., [2]Цырков А.В.
[1]МАИ, [2]ФГУП «НПО «Техномаш», г. Москва, Россия

Промышленное производство представляет собой взаимосвязанную совокупность производственных, технологических, трудовых и финансовых ресурсов, направленных на выпуск готовой продукции. Таким образом, сам процесс выпуска продукции можно рассматривать как результат многофакторного события. Каждое предприятие стремится к оптимизации (минимизации) использования всех задействованных ресурсов с целью получения максимальной прибыли от вложенных средств.

При выпуске серийной продукции, наличии конвейерного производства, задача оптимизации может решаться поэтапно. Значительно сложнее является задача оптимизации производственного процесса при дискретном производстве, в котором нет серии выпуска изделий. К таким производствам можно отнести, например, ракетно-космическую промышленность, судостроение, атомную промышленность и т.д. Отсутствие серийности производства требуют при каждой организации производственного процесса обеспечить оптимальность с учетом всех факторов, влияющих на него. Такая задача должна решаться на основе многофакторного анализа.

Решению задач оптимизации с многими параметрами посвящено много различных теорий. В частности, такие задачи решаются математическими методами исследования операций, численными методами минимизации (например, метод наименьших квадратов) и многими другими. В нашем же случае, каждая новая задача оптимизации производства, связанная с выпуском изделия, является не обособленной задачей, а имеет некоторые преемственности. Очевидно, что каждая новая организация производства несет в себе некоторые аспекты ранее используемых методов. В связи с этим предлагается для оптимизации дискретного многономенклатурного производства применить аппарат искусственного интеллекта. Каждая новая задача оптимального выбора параметров для организации производства должная основываться на ранее полученных решениях. Таким образом, предлагается создать обучаемую систему, дающую решение на основе накопленных «знаний». Создание нейронных сетей для решения задач оптимизации производства планируется на основе математического и методического обеспечений решения с использованием методологии проектно-операционного управления (ПОУ) [1-4].

1. Лопота А. В., Цырков А. В. Построение системы проектно-операционного управления научно-производственным машиностроительным комплексом // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2016. № 2. С. 47–55.

2. Лопота А. В., Цырков А. В., Цырков Г. А. Реализация системы проектно-операционного управления предприятием. Организационно-методические решения // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2016. № 3 (163). С. 9–18.

3. Lopota A. V., Tsyrkov A. V., Tsyrkov G. A. Methods and tools of project-operational management of an machine-building enterprise // Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). IEEE, 2017. P. 536–539.

4. Tsyrkov A. V., Tsyrkov G. A. Intelligent components to support workflow in the design and production activities // Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). IEEE, 2017. P. 764–768.

Using artificial intelligence for production management tasks

[1]Chernoded A.I., [1]Vasiliev V.A., [2]Tsyrkov A.V.
[1]MAU, [2]FSUE "NPO "Tekhnomash", Moscow, Russia

Industrial production is an interrelated set of production, technological, labor, and financial resources aimed at the production of finished products. Thus, the output process itself can be viewed as the result of a multifactorial event. Each enterprise seeks to optimize (minimize) the use of all the resources involved, to obtain maximum profit from the invested funds. In the production of serial products, the presence of conveyor production, the problem of optimization can be solved in stages. In this case at each stage of optimum production the optimum value of not all parameters, influencing the production, but only some part or even one parameter is determined. This approach makes it possible to organize a rather clear organization of planned production optimization at an enterprise. It is much more difficult to optimize the production process in discrete production, in which there is no series of productions. Such industries include, for example, rocket and space industry, shipbuilding, nuclear industry, etc. Lack of serial production requires that each organization of the production process should ensure its optimality, considering all the factors affecting it. Such problem should be solved based on multifactor analysis. Many different theories are devoted to solving optimization problems with many parameters. Such problems are solved by mathematical methods of operations research, numerical methods of minimization (for example, least squares method) and many others. In our case, however, each new production optimization problem associated with the production of a product is not a separate problem but has some continuities. Obviously, each new production organization carries with it some aspects of previously used methods. In this regard, it is proposed to apply the apparatus of artificial intelligence for the optimization of discrete multi-nomenclature production. Each new problem of optimal choice of parameters for production organization should be based on previously obtained solutions. Thus, it is proposed to create a teachable system, which gives a solution based on the accumulated "knowledge". Neural networks belong to such systems. The creation of neural networks for solving the problems of optimization of production is planned based on mathematical and methodological support of the solution using the methodology of project-operational management (POM) [1-4].

1. Lopota A. V., Tsyrkov A. V. Building a system of design and operational management of scientific-production machine-building complex // Defense Complex - Scientific and Technical Progress of Russia. 2016. № 2. C. 47-55.

2. Lopota A. V., Tsyrkov A. V., Tsyrkov G. A. Realization of the system of design-operational management of an enterprise. Organizational and methodological solutions//Information technologies in design and production. 2016. № 3 (163). C. 9-18.

3. Lopota A. V., Tsyrkov A. V., Tsyrkov G. A. Methods and tools of project-operational management of an machine-building enterprise//Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). IEEE, 2017. P. 536–539.

4. Tsyrkov A. V., Tsyrkov G. A. Intelligent components to support workflow in the design and production activities//Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). IEEE, 2017. P. 764–768.

Система навигации не зависящая от сигналов навигационных спутников на основе искусственных ориентиров для автономного беспилотного летательного аппарата

Чеховская К.Д.
КБПА, г. Саратов, Россия

Автономным мобильным роботам или транспортным средствам требовалась высокоточная навигационная система, чтобы достичь желаемого места без вмешательства человека. В настоящее время большинство доступных навигационных систем основано на использовании глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS). Однако навигационные решения на основе GNSS не подходят для использования в помещениях, поскольку сигнал GNSS будет рассеиваться. В попытке найти альтернативный метод, который может реализовать систему

навигации, не зависящую от сигналов навигационных спутников, было предложено множество подходов. Тем не менее, учитывая подходы, которые используются для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), многие из них либо не работают с точки зрения надежности и точности, либо подвергаются жестким требованиям к аппаратной части. В отличие от этого, система навигации, не зависящая от сигналов навигационных спутников на основе искусственных ориентиров, представленная в этой статье, способна предоставлять достоверные данные обладающие высокой точностью автономному БПЛА с малыми затратами на работу вычислителя. При таком подходе система способна определять положение БПЛА путем извлечения информации о местоположении из искусственных ориентиров, установленных на стене в помещении. Ориентиры были построены с использованием QR-кодов, в которых хранилась уникальная текстовая строка, указывающая на абсолютные координаты замкнутого пространства и цветную рамку, которая обеспечивала общие черты всех ориентиров для обнаружения. Обнаружение ориентира было выполнено с использованием подходов машинного обучения.

Литература:

1. Веремеенко К.К., Желтов С.Ю., Ким Н.В., Себряков Г.Г., Красильщиков М.Н. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. Москва: Московский авиационный институт, 2009. 556 с.

2. Викторов А.С. Реализация алгоритма автономной навигации беспилотного летательного аппарата. Кострома: Костромской государственный университет, 2017. С. 77-89.

3. Баранова Е.Г., Харлашина С.В., Елпатов А.С. Методы и алгоритмы навигации и ориентации беспилотных летательных аппаратов. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М.Ф. Решетнева, 2019. С. 174-176.

4. Абакумов А.В. Особенности конструирования пилотажно-навигационных комплексов для малых беспилотных летательных аппаратов различного типа. / А.В. Абакумов, Д.Е. Гуцевич, Р.В. Лившиц, С.Н. Ромадин, А.А. Серанова, И.В. Сергушов, Е.Н. Скрипаль // XXIV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. СПб., Изд. ЦНИИ Электроприбор. – 2017. – С. 142 – 152.

5. Абакумов А.В. Высокоточное позиционирование летательного аппарата при заходе на посадку на посадочную площадку с применением системы лазерных излучателей при отсутствии сигналов спутниковых навигационных систем. / А.В. Абакумов, Д.Е. Гуцевич, Р.В. Ермаков, Д.Ю. Лившиц, И.К. Кузьменко, К.Д. Шаповалова, И.В. Сергушов, Е.Н. Скрипаль // XXV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. СПб., Изд. ЦНИИ Электроприбор. – 2018. – С. 154 – 161.

Navigation system is not dependent on the signals of navigation satellites based on artificial references for autonomous unmanned aircraft

Chekhovskaya K.D.

Industrial Automatics Design Bureau, Saratov, Russia

Autonomous mobile robots or vehicles required a highly accurate navigation system to reach their desired location without human intervention. Currently, most of the available navigation systems are based on the use of the global navigation satellite system (GNSS). However, GNSS based navigation solutions are not suitable for indoor use as the GNSS signal will scatter. In an attempt to find an alternative method that can implement a navigation system that does not depend on signals from navigation satellites, many approaches have been proposed. However, given the approaches used for unmanned aerial vehicles (UAVs), many either fail in terms of reliability and accuracy, or are subject to stringent hardware requirements. In contrast, the navigation system that does not depend on signals from navigation satellites based on artificial landmarks, presented in this article, is capable of providing reliable data with high accuracy to an autonomous UAV with low costs for the operation of the computer. With this approach, the system is able to determine the position of the UAV by extracting location information from artificial landmarks mounted on the wall in the room. The landmarks were constructed using QR codes, which stored a unique text string indicating the absolute

coordinates of the enclosed space and a colored box that provided common features for all landmarks to be detected. Landmark detection was performed using machine learning approaches.

References:

1. Veremeenko K.K., Zheltov S.Yu., Kim NV, Sebryakov G.G., Krasil'shchikov M.N. Modern information technologies in the tasks of navigation and guidance of unmanned maneuverable aerial vehicles. Moscow: Moscow Aviation Institute, 2009.556 p.

2. Viktorov A.S. Implementation of the autonomous navigation algorithm for an unmanned aerial vehicle. Kostroma: Kostroma State University, 2017.S. 77-89.

3. Baranova E.G., Kharlashina S.V., Elpatov A.S. Methods and algorithms for navigation and orientation of unmanned aerial vehicles. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev, 2019.S. 174-176.

4. Abakumov A.V. Features of the design of flight and navigation systems for small unmanned aerial vehicles of various types. / A.V. Abakumov, D.E. Gutsevich, R.V. Livshits, S.N. Romadin, A.A. Seranova, I.V. Sergushov, E.N. Skripal // XXIV St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. SPb., Ed. TsNII Elektropribor. - 2017 .-- S. 142 - 152.

5. Abakumov A.V. High-precision positioning of the aircraft during the approach to the landing area using a system of laser emitters in the absence of signals from satellite navigation systems. / A.V. Abakumov, D.E. Gutsevich, R.V. Ermakov, D.Yu. Livshits, I.K. Kuzmenko, K. D. Shapovalova, I.V. Sergushov, E.N. Skripal // XXV St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. SPb., Ed. TsNII Elektropribor. - 2018 .-- S. 154 - 161.

Исследования путей построения микроволновой системы захода на посадку БПЛА

Чумагина Ю.И., Вицукаев А.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В связи с недостатком большинства БПЛА – ограниченной ёмкости аккумулятора, в следствие чего непрерывный полет длится всего 20-25 минут, перед оператором встает задача поиска зарядки источника питания БПЛА в городских условиях. Очевидно, что в реальных условиях траектория полета будет отличаться от исходно заданной ввиду, например, наличия дождя, ветра и других погодных условий. Использование автомобильной РЛС позволит не только повысить автономность, но и исключить ошибки приземления на зарядную площадку по существующим каналам управления БПЛА. Для высокоточного измерения координат БПЛА предлагается использовать 77 ГГц авто РЛС с широким диапазоном сканирования Electronically Scanning Radar (ESR) от компании Delphi Automotive. Такая РЛС для системы адаптивного круиз-контроля (АКК) в автомобиле построена на основе радара с линейно-частотной модуляцией (ЛЧМ) с несколькими антенными решётками с цифровым формированием луча и работает на частотах 24 и 77 ГГц, переключаясь между двумя антенными решётками для выбора контроля узкой области пространства на большой дальности (175 м, 20̊) или широкой области на малой дальности (60 м, 90̊). В отличие от классических радарных систем, которые используют несколько лучей с механическим сканированием или несколько фиксированных перекрывающихся лучей для выполнения измерений, радар от Delphi использует твердотельную технологию с одновременной передачей и приемом доплеровского сигнала для электронного выполнения прямого обнаружения. Определив местоположение и скорость БПЛА при заходе на посадку, авто РЛС передает полученную информацию оператору или в систему управления о необходимости совершения маневра для достижения удачной посадки. При обнаружении БПЛА авто РЛС производит измерение координат и по отдельному каналу связи перехват управления по радиоканалам и сопровождает БПЛА по сигналам РЛС до полной посадки на площадку (беспроводное контактное зарядное устройство). В отличие от микроволновой системы посадки (МСП) использование РЛС позволит передавать информацию о координатах БПЛА в систему управления, а не проводить вычисление сигналов от радиомаяков МСП на борту БПЛА, что потребовало бы установки дополнительной вычислительной системы на борту ЛА. Дальность действия РЛС составляет 300м с полем обзора по азимуту 60-100 градусов, по углу

места 30 градусов. Точность определения координат должна составлять 0.2 м/с по скорости и 0.3 м по дальности.

В устройстве используется антенна с фазированной решеткой. Потребляемая мощность РЛС составляет 18 Вт, номинальное рабочее напряжение 12 В. Радар оснащен стандартным интерфейсом локальной сети контроллеров (CAN), соответствующий стандартам Bosch CAN 2.0 B. Скорость интерфейса составляет 500 Кбит/с, управление производится по CAN шине.

Отработка алгоритмов обнаружения БПЛА и команд управления реализуется на промежуточной частоте 50 МГц для РЛС и радиочастоте 2.4 ГГц для канала управления БПЛА с использованием векторного приемо-передатчика NI PXIe-5646, программируемых источников питания NI PXIe-4112, 4113, имитатора CAN интерфейса NI PXI-8513, шасси NI PXI-1085, контроллера NI PXI-8135.

Литература:

1. И.Ф. Купряшкин, В.П. Лихачев, Л.Б. Рязанцев. Малогабаритные многофункциональные РЛС с непрерывным частотно-модулированным излучением. Изд. «Радиотехника», 2020.

2. Sandeep Rao. Introduction to mmWave Sensing: FMCW Radars. https://training.ti.com/node/1139153. 2018.

Investigation of ways to build a microwave UAV approach system

Chumagina Y.I., Vitsukaev A.V.

MAI, Moscow, Russia

Due to the disadvantage of most UAVs – limited battery capacity, as a result of which a continuous flight lasts only 20-25 minutes, the operator is faced with the task of finding a charging UAV power source in urban conditions. It is obvious that in real conditions, the flight path will differ from the originally set one due to, for example, the presence of rain, wind and other weather conditions. The use of an automotive radar will not only increase autonomy, but also eliminate landing errors on the charging pad through existing UAV control channels. For high-precision measurement of UAV coordinates, it is proposed to use a 77 GHz auto radar with a wide scanning range Electronically Scanning Radar (ESR) from Delphi Automotive. Such a radar for an adaptive cruise control system (ACC) in a car is based on a linear frequency modulation (LFM) radar with multiple antenna arrays with digital beam shaping and operates at frequencies of 24 and 77 GHz, switching between two antenna arrays to select control of a narrow area of space at long range (175 m, 20) or a wide area at short range (60 m, 90). Unlike classical radar systems that use multiple beams with mechanical scanning or multiple fixed overlapping beams to perform measurements, the Delphi radar uses solid-state technology with simultaneous transmission and reception of a Doppler signal to electronically perform direct detection. Having determined the location and speed of the UAV during landing, the auto radar transmits the received information to the operator or to the control system about the need to perform a maneuver to achieve a successful landing. When a UAV is detected, the auto radar measures coordinates and intercepts control via radio channels via a separate communication channel and accompanies the UAV by radar signals until it is fully landed on the pad (wireless contact charger). Unlike the microwave landing system (MSS), the use of radar will allow transmitting information about the coordinates of the UAV to the control system, rather than calculating signals from the MSS radio beacons on board the UAV, which would require the installation of an additional computing system on board the aircraft. The range of the radar is 300m with a field of view of 60-100 degrees azimuth, 30 degrees elevation angle. The accuracy of determining the coordinates should be 0.2 m/s in speed and 0.3 m in range.

The device uses a phased array antenna. The power consumption of the radar is 18 watts, the nominal operating voltage is 12 V. The radar is equipped with a standard controller LAN interface (CAN), conforming to Bosch CAN 2.0 B standards. The interface speed is 500 Kbit/s, control is performed via the CAN bus.

The development of UAV detection algorithms and control commands is implemented at an intermediate frequency of 50 MHz for radar and a 2.4 GHz radio frequency for the UAV control

channel using the NI PXIe-5646 vector transceiver, NI PXIe-4112, 4113 programmable power supplies, NI PXI-8513 CAN interface simulator, NI PXI-1085 chassis, NI PXI-8135 controller.

References:

1. I.F. Kupryashkin, V.P. Likhachev, L.B. Ryazantsev. Small-sized multifunctional radars with continuous frequency-modulated radiation. Ed. "Radio Engineering", 2020.

2. Sandeep Rao. Introduction to mmWave Sensing : FMCW Radars. https://training.ti.com/node/1139153. 2018.

Масштабируемый программный комплекс автоматизированного проектирования климатических систем с использованием облачных ресурсов

[1]Чумакова Е.В., [2]Харитонов А.Б., [1]Муханов Д.И.

[1]МАИ, [2]ООО "Даичи", г. Москва, Россия

Современное развитие информационных технологий предоставляет пользователям удобные инструменты в различных профессиональных областях и сферах жизнедеятельности. Не составляют исключение и специалисты в области проектирования промышленных климатических систем. Специфика заключается в том, что существует большое количество различных типов оборудования, функционирующих в соответствии со своими правилами, разнообразие также вносят и производители. Это вынуждает проектировщиков использовать в работе большое число узкоспециализированных программ, что приводит к ряду неудобств, особенно заметных, например, в случае необходимости выбора того или иного оборудования на одном объекте. При этом зачастую параметры объекта не учитываются вовсе, и все зависит от профессионализма конкретного специалиста.

Предлагаемый программный комплекс предоставляет универсальный подход, позволяющий определять характеристики произвольных объектов и оборудования различных типов, благодаря использованию ранее предложенной методики [1] подбора параметров систем. Определение необходимых для проектирования параметров и реализация логики правил функционирования помещается отдельные для каждого типа систем вычислительные модули, за счет чего и обеспечивается масштабируемость (разнообразие проектируемых систем).

Программный комплекс поддерживает функции облачного хранилища (доступные после регистрации на сервере), используя которые упрощается обмен проектами между пользователями и устройствами. Помимо обмена предполагается возможность накопления часто встречающихся типовых подборов и настроек среди пользователей определенного уровня (что позволит сократить время проектирования типовых систем), а также актуализировать динамично меняющиеся данные (например, такие как цена).

Архитектура комплекса является неоднородной, т.е. различные функциональные блоки спроектированы на основе различных архитектурных моделей. Технология REST API используется в сочетании с реализацией модуля подбора по принципу толстого клиента, что связано с необходимостью выполнять большой объем математических вычислений над широким набором данных.

Литература:

1. Чумакова Е.В., Харитонов А.Б. Разработка и программная реализация методики подбора и расчета параметров систем промышленного кондиционирования // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 23-27 ноября 2020 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2020. С. 329.

Expandable software package for automated design of climate systems using cloud resources

[1]Chumakova E.V., [2]Kharitonov A.B., [1]Mukhanov D.I.

[1]MAI, [2]OOO "Daichi", Moscow, Russia

The modern development of information technology provides users with convenient tools in various professional fields and spheres of life. Specialists in the design of industrial climate systems are no exception. The specificity lies in the fact that there are a large number of different types of equipment that function in accordance with their own rules, and manufacturers also introduce variety.

This forces designers to use a large number of highly specialized programs in their work, which leads to a number of inconveniences, especially noticeable, for example, if it is necessary to select one or another equipment at one facility. At the same time, the parameters of the object are often not taken into account at all, and everything depends on the professionalism of a particular specialist.

The proposed software package provides a universal approach that allows you to determine the characteristics of arbitrary objects and equipment of various types, thanks to the use of the previously proposed methodology [1] for the selection of system parameters. The determination of the parameters necessary for the design and the implementation of the logic of the rules of operation are placed separately for each type of system computing modules, due to which scalability (a variety of designed systems) is ensured.

The software package supports cloud storage functions (available after registration on the server), using which it simplifies the exchange of projects between users and devices. In addition to the exchange, it is assumed that it is possible to accumulate frequently encountered standard selections and settings among users of a certain level (which will reduce the design time of typical systems), as well as update dynamically changing data (for example, such as price).

The architecture of the complex is heterogeneous, i.e. different functional blocks are designed based on different architectural models. The REST API technology is used in conjunction with the implementation of the thick client selection module, which is associated with the need to perform a large amount of mathematical calculations on a wide set of data.

Regerences:

1. Chumakova E.V., Kharitonov A.B. Development and software implementation of the methodology for the selection and calculation of parameters of industrial air conditioning systems // 19th International Conference "Aviation and Cosmonautics". November 23-27, 2020. Moscow. Abstracts. - M .: Publishing house "Pero", 2020. S. 329.

О результатах работы алгоритма поисковой КЭНС с использованием модели аномального гравитационного поля Земли

Шаповалов Н.А., Афонин А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Современный пилотажно-навигационный комплекс (ПНК) может решать задачи навигации с повышенной степенью точности и надежности за счет объединения различных измерительных подсистем в рамках алгоритма комплексной обработки их информации. В рамках ПНК основным средством коррекции базовой бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), решающей задачи определения местоположения и скорости летательного аппарата (ЛА), является спутниковая навигационная система (СНС) как наиболее точная из входящих в него подсистем. Таким образом, текущая точность комплексной навигационной системы (КНС) будет обусловлена точностью СНС в настоящий момент времени. Однако доступность и достоверность данных СНС может быть ограничена в следствии использования ПНК в области высоких широт (75 – 90 параллель), горной местности, в зонах с естественными или искусственными аномалиями, в том числе, в областях с зашумленными сигналами, например, из-за постановки активных радиопомех. В подобных случаях входящие в ПНК второстепенные локальные корректирующие радиосистемы с еще большей вероятностью будут работать с большими погрешностями или вовсе окажутся неработоспособны. Для решения задачи определения местоположения и скорости ЛА в таких ситуациях целесообразно использовать КНС на базе БИНС с коррекцией от доступных и сохраняющих работоспособность бортовых навигационных подсистем. Сами по себе БИНС отличаются полной автономностью и защищенностью от внешних помех, но эти системы имеют существенный недостаток — постепенную расходимость ошибок, следовательно, со временем они обязательно требуют коррекции от других подсистем ПНК, обладающих достаточной точностью. В связи с вышеизложенными обстоятельствами предлагается использовать для коррекции корреляционно-экстремальную навигационную систему (КЭНС), работающую по естественному геофизическому полю Земли. Для коррекции БИНС авторским коллективом кафедры 305 МАИ была разработана модель работы гравиметрической КЭНС,

сопоставляющей измеренную аномалию ускорения силы тяжести (УСТ) с заранее построенной картой заданных аномалий, соответствующих по уроню и свойствам распределения средним значениям для земной поверхности. В результате работы КЭНС была получена достаточная для коррекции БИНС информация.

Были выбраны следующие типичные условия моделирования: скорость – 100 м/с; высота – 500 м; максимальная ошибка «грубой» навигационной системы (БИНС) – 2000 м; дискрета карты аномалий УСТ – 100 м; частота измерений поля – 1 Гц; время полета – 30 мин; количество последовательных проверяемых для коррекции измерений поля – 20.

По результатам моделирования можно сделать выводы о том, что полет с комплексной системой, измеряющей аномалию УСТ с погрешностью на уровне 0.00003 м/(с*с) ошибка определения координат местоположения КЭНС составляет около 100 – 300 м. При измерении аномалии УСТ с погрешностью на уровне 0.0003 м/(с*с) погрешность КЭНС достигает 800 – 1000 м. При увеличении количества последовательных проверяемых измерений до 60 погрешность КЭНС находится на уровне дискреты карты в первом случае и на уровне 200 – 300 м во втором случае. Таким образом, в рамках проведенного имитационного моделирования наглядно прослеживается зависимость точности работы КЭНС от точности и количества учтенных в алгоритме измерений аномалии УСТ, что позволит выбрать параметры работы разрабатываемой КНС наиболее рациональным образом. Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта РФФИ № 19-08-00279а.

On the results of the operation of the search CENS algorithm using the model of the anomalous gravitational field of the Earth

Shapovalov N.A., Afonin A.A.

MAI, Moscow, Russia

A modern flight and navigation complex (FNC) can solve navigation problems with an increased degree of accuracy and reliability by combining various measuring subsystems within the framework of an algorithm for complex processing of their information. Within the FNS, the satellite navigation system (SNS), as the most accurate of its subsystems, is the main means of correcting the basic strapdown inertial navigation system (SINS) for the solving problem of determining the location and speed of an aircraft. So, the current accuracy of the integrated navigation system (INS) will be determined by the accuracy of the INS at the present time. However, the availability and reliability of INS data may be limited due to the use of FNC in high latitudes (75 - 90 parallel), mountainous terrain, in areas with natural or artificial anomalies, and in areas with noisy signals, for example, due to setting up active radio interference. In such cases, the secondary local correcting radio systems included in the FNC are even more likely to work with large errors or even turn out to be inoperative. To solve the problem of determining the location and speed of an aircraft in such situations, it is advisable to use an INS-based on SINS with correction from the available on-board navigation subsystems that remain operational. SINS are distinguished by complete autonomy and protection from external interference, but these systems have a significant drawback – the gradual divergence of errors, therefore, over time, they necessarily require correction from other FNC subsystems that have sufficient accuracy. In connection with the above circumstances, it is proposed to use the correlation-extreme navigation system (CENS) for correction, which operates according to the natural geophysical field of the Earth. To correct the SINS, the team of authors of the Department 305 of the Moscow Aviation Institute developed a model for the operation of the gravimetric CENS, which compares the measured anomaly of the acceleration of gravity (AG) with a pre-built map of specified anomalies corresponding to the level and distribution properties of the average values for the earth's surface. As a result of CENS operation, information sufficient for SINS correction was obtained.

The following typical simulation conditions were chosen: speed – 100 m/s; height – 500 m; the maximum error of the "rough" navigation system (SINS) – 2000 m; discrete map of anomalies of AG – 100 m; field measurement frequency – 1 Hz; flight time – 30 min; the number of sequential field measurements to be checked for correction – 20.

Based on the simulation results, we can conclude that a flight with an integrated system that measures the AG anomaly with an error of 0.00003 m/(s*s), the error in determining the coordinates of the CENS location is about 100 – 300 m. When measuring the AG anomaly with an error of 3*0.0003 m/(s*s), the CENS error reaches 800 – 1000 m. By an increase in the number of sequential verified measurements to 60, the CENS error is at the level of the map discrete in the first case and at the level of 200 – 300 m in the second case. So, within the framework of the held simulation modeling, the dependence of the accuracy of the CENS on the accuracy and number of gravity acceleration anomalies taken into account in the measurement algorithm, which will make it possible to choose the operating parameters of the developed INS in the most rational way.

О контроле целостности первичных данных в задаче аэрогравиметрии при использовании высокоточных бескарданных инерциальных навигационных систем

[1]Шаронов А.В., [2]Голован А.А.
[1]МАИ, [2]МГУ, г. Москва, Россия

Задача аэрогравиметрии состоит в построении карт гравитационных аномалий на траекториях летательного аппарата – самолета, вертолета, беспилотного летательного аппарата – носителя гравиметрического комплекса [1]. В состав аэрогравиметрического комплекса входит инерциальная навигационная система (платформенная – ИНС, бескарданная – БИНС), приемники сигналов глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС), работающие в фазо-дифференциальном режиме, а также система регистрации и синхронизации первичных данных этого комплекса.

В настоящее время наблюдается бурное развитие именно бескарданной аэрогравиметрии, когда основным прибором комплекса является высокоточная БИНС.

В задаче аэрогравиметрии применяется постобработка совокупной измерительной информации: показаний инерциальных датчиков - блока акселерометров и датчиков угловой скорости (ДУС) - БИНС, первичных измерений приемников сигналов ГНСС – кодовых псевдодальностей, доплеровских псевдоскоростей, фазовых измерений.

Опыт проведения промышленных авиационных съемок показал, что при регистрации высокочастотных (~300-400 гц.) измерений инерциальных датчиков БИНС, могут наблюдаются короткие по времени пропуски показаний. Как следствие, автономное инерциальное счисление БИНС, реализуемое в режиме постобработки, становится некондиционным, например, из-за потери ориентации приборного трехгранника БИНС при существенно маневрировании носителя аэрогравиметрического комплекса в эти моменты времени. Это приводит к невозможности проведения комплексной обработки информации от начала сбоя данных и до конца полета, что очень критично с точки зрения финансовых потерь при проведении съемок.

Для решения указанной проблемы контроля и поддержания целостности первичных данных бескарданных аэрогравиметрических комплексов было предложено использовать следующие алгоритмические приемы.

1. Применять интегрированные БИНС-ГНСС решения как в прямом времени (до момента наступления сбоя регистрации (левый узел), так и в обратном времени, от конца полета до окончания сбоя (правый узел) регистрации.

2. Осуществлять интерполяцию позиционных, скоростных, угловых решений БИНС между левым и правым узлами сбойного интервала регистрации данных.

3. Осуществлять моделирование «идеальных» показаний инерциальных датчиков БИНС на сбойном интервале при помощи результатов интерполяции траекторных данных БИНС и, тем самым, обеспечивая равномерную шкалу времени в данных БИНС.

Такие несложные приемы позволили осуществлять контроль и поддержание целостности первичных данных БИНС.

Литература:

[1] Современные методы и средства измерения параметров гравитационного поля Земли. Под общ. ред. В.Г.Пешехонова, СПБ.: ГНЦ РФ АО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор", 2017, с. 201-209, с. 389.

Control of the integrity of primary data in the problem of airborne gravimetry using high-precision cardanless inertial navigation systems

[1]Sharonov A.V., [2]Golovan A.A.
[1]MAI, [2]MSU, Moscow, Russia

The task of airborne gravimetry is to construct maps of gravitational anomalies on the trajectories of an aircraft – an airplane, a helicopter, an uncrewed aerial vehicle – the carrier of the gravimetric complex [1]. The airborne gravimetric complex includes an inertial navigation system (platform – INS, cardless – SINS), receivers of signals from global satellite navigation systems (GNSS) operating in phase-differential mode, and a system for recording and synchronizing the primary data of this complex.

At present, there is a rapid development of precisely cardless airborne gravimetry, when the main instrument of the complex is a high-precision SINS.

In the task of aerial survey, post-processing of the aggregate measurement information is used: readings of inertial sensors - a block of accelerometers and angular velocity sensors (DUS) – SINS, primary measurements of GNSS signal receivers – code pseudo-ranges, Doppler pseudo-velocities, phase measurements.

The experience of conducting industrial aerial surveys has shown that short-term gaps in readings can be observed when registering high-frequency (~ 300-400 Hz) measurements of inertial SINS sensors. As a result, the SINS autonomous inertial dead reckoning, implemented in the post-processing mode, becomes substandard, for example, due to the loss of orientation of the SINS instrument trihedron during significant maneuvering of the airborne gravimetric complex carrier at these points in time. Thus from the beginning of the data failure to the end of the flight is impossible to carry out information processing. So this is very critical from the point of view of financial losses during surveying.

To solve the indicated problem of monitoring and maintaining the integrity of the primary data of cardless airborne gravimetric complexes, we can to use the following algorithmic techniques.

1. Apply integrated SINS-GNSS solutions both indirect time (until the registration failure occurs (left node), and in reverse time, from the end of the flight to the end of the registration failure (right node).

2. Interpolate positional, velocity, angular solutions of SINS between the left and right nodes of the faulty data logging interval.

3. Simulate the "ideal" readings of the SINS inertial sensors at the faulty interval using the results of the SINS trajectory data interpolation and, thereby, providing a uniform time scale in the SINS data.

Such simple techniques made it possible to monitor and maintain the integrity of the SINS primary data.

References:

1. Modern methods and means of measuring the parameters of the Earth's gravitational field. Under total. ed. V.G. Peshekhonova, St. Petersburg: State Research Center of the Russian Federation JSC "Concern TsNII "Elektropribor", 2017, p. 201-209, p. 389.

Состояние и перспективы орбитальных измерений температурной зависимости силы тяжести

Шнайдер М.В., Дмитриев А.Л.
БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

Повышение точности позиционирования космических аппаратов (КА) требует учета различных факторов, влияющих на движение КА по орбите спутника Земли. Одним из таких факторов является средняя температура космического аппарата. Долгое время влияние температуры КА на его орбитальное движение считалось несущественным вследствие крайне малой величины ожидаемого температурного эффекта.

Между тем, в наземной метрологии массы в последние годы получены результаты, указывающие на сравнительно сильную, превышающую релятивистский эффект, температурную зависимость гравитационной массы [1-4]. При орбитальном движении КА

изменение его средней температуры может заметно влиять на траекторию и пространственную ориентацию аппарата [5].

С целью определения величины и знака температурного изменения гравитационной массы тела предлагается космический эксперимент.

В рассматриваемом орбитальном эксперименте измерение температурного эффекта осуществляется посредством высокоточного датчика радиальных смещений пробной массы, расположенной внутри космического аппарата и нагреваемой внешним источником тока. При использовании таких датчиков в орбитальных измерениях температурной зависимости гравитационной массы точность определения величины достигает уровня достаточного для надежной регистрации релятивистских эффектов.

В докладе рассмотрена принципиальная схема компактного измерительного модуля, приведены численные оценки температурного эффекта и достижимой точности измерений.

1. Rocklein M. N., George S. M. Temperature-Induced Apparent Mass Changes Observed during Quartz Crystal Microbalance Measurements of Atomic Layer Deposition // Analytical Chemistry. 2003. V 75. № 19. P 4975.

2. Fan Liangzao, Feng Jinsong, Liu Wuqing An experiment discovery about gravitational force changes in materials due to temperature variation // Engineering Sciences (China), 2010, № 8 (2).

3. Дмитриев А. Л., Никущенко Е. М., Снегов В. С. Влияние температуры тела на его вес // Измерительная техника. 2003. №2. С 8.

4. Dmitriev A. L., Bulgakova S. A. Negative Temperature Dependence of Gravity – A Reality // Proc. WASET. 2013. Issue 79. P 1560.

5. Dmitriev A. L. Physical substantiation of an opportunity of artificial change of body weight // Physics Procedia. 2012. V 38. P 150.

Status and prospects of orbital measurements of the temperature dependence of gravitational force

[1]Shnayder M.V., [2]Dmitriev A.L.

[2]BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

Improving the accuracy of positioning of spacecraft (S/C) requires taking into account various factors affecting the motion of the spacecraft on the Earth satellite orbit. One such factor is the average temperature of the S/C. For a long time, the effect of spacecraft temperature on its orbital motion was considered insignificant due to the extremely small value of the expected temperature effect.

Meanwhile, in the ground-based mass metrology in recent years, results have been obtained indicating a relatively strong, exceeding the relativistic effect, temperature dependence of the gravitational mass. During the orbital motion of the spacecraft, changes in its average temperature can noticeably affect the trajectory and spatial orientation of the S/C.

In order to determine the value and sign of the temperature change in the gravitational mass of the body, proposing the space experiment.

In the considered orbital experiment, the temperature effect is measured by means of a high-precision sensor of radial displacements of a sample mass located inside the spacecraft and heated by an external current source. When using such sensors in orbital measurements of the temperature dependence of gravitational mass, the accuracy of determining the value reaches a level sufficient for reliable registration of relativistic effects.

In the report the basic scheme of the compact measuring module is considered, numerical estimates of the temperature effect and the achievable accuracy of measurements are given.

Обеспечение устойчивости БПЛА мультироторных схем

Эспиноса Барсенас, Эррера Харамильо, Гуерра Гуерра, Лукьянов О.Е.

Самарский университет, г. Самара, Россия

Большое многообразие схем, по которым выполнены беспилотные летательные аппараты различных типов, обусловлено их назначением и спектром предъявляемых к ним требованиям [1]. В этой связи нередко создаются летательные аппараты, которые способны реализовать

свои качества наилучшим образом, будучи балансируемыми по неустойчивым или нейтральным балансировочным схемам [2]. К таковым летательным аппаратам относятся аппараты мультироторных схем (квадрокоптеры), нашедшие широкое применение в беспилотной авиации. БПЛА подобного типа являются статически нейтральными в различных каналах управления. Для обеспечения устойчивого к внешним возмущениям полёта, а также возможности комфортного и безопасного пилотирования БПЛА в режиме ручного управления требуется введение системы обеспечения устойчивости аппарата на всех режимах полёта, использующей для этих целей имеющиеся органы управления. На сегодняшний день на мировом рынке существует большое количество готовых технических решений по организации устойчивости БПЛА подобных схем как для режимов ручного дистанционного управления оператором, так и полёта в полностью автоматическом режиме по заданной программе [3]. В то же время подобные наукоёмкие устройства являются по своей сути «чёрным ящиком» и не всегда позволяют вносить изменения в свой функционал для получения новых возможностей эксплуатируемого БПЛА.

Целью работы является разработка системы, обеспечивающей устойчивость БПЛА мультироторной схемы по тангажу и крену с помощью стандартных каналов управления. Кроме того, рассматриваются этапы создания такой системы, базирующейся на разработке алгоритма пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора, обеспечивающего вычисление управляющего сигнала обратной связи [4]. Алгоритм регулятора реализован на языке Arduino C/C++. Отработка системы осуществлена на специальном стенде с подвижной частью, имитирующей конструкцию малоразмерного БПЛА мультироторной схемы, подвешенную на карданный шарнир. Карданный подвес обеспечивает возможность отклонения подвижной части стенда относительно продольной и поперечной осей в допустимых границах. Подвижная часть стенда представляет собой раму крестообразной формы с установленной на её концах электродвигателями с воздушными винтами. Система обеспечения устойчивости включает в себя микроконтроллер и датчик положения, функционирующий на основе гироскопического эффекта и отслеживающий пространственную ориентацию подвижной части стенда. Микроконтроллер выполняет необходимые вычисления для генерации управляющего сигнала на двигатели на основе показаний данного датчика.

В результате проведения испытаний разработанной системы удалось обеспечить горизонтальную ориентацию подвижной части стенда относительно продольной и поперечной осей при различных режимах работы двигателей. Результаты показали устойчивость подвижной части стенда даже после искусственного воздействия на неё внешних возмущений.

Литература:

1. Raymer D. P. 2018 Aircraft design: A conceptual approach.
2. Pamadi B. N. 2004 Performance, stability, dynamics, and control of airplanes.
3. Ebeid E., Skriver M., Terkildsen K. H., Jensen K., and Schultz U. P. 2018 A survey of Open-Source UAV flight controllers and flight simulators.
4. Randal W. B., and McLain. T.W. 2012 Small unmanned aircraft: theory and practice.

Ensuring the control stability of multirotor UAVs

Espinosa Barcenas, Herrera J.L., Guerra G.D., Lukyanov O.E.
[1]Samara University, Samara, Russia

UAVs have different design configurations due to the design requirements and mission profiles set on them [1]. In this regard, UAVs are designed with stability and neutral or negative static control, which can advantageously perform specific missions and meet established performance parameters [2]. For instance, multirotor UAVs (quadcopters) have found wide applications in unmanned aviation. These kinds of UAVs are neutral static in their flight and attitude control surfaces. To ensure a stable flight to external disturbances, as well as the possibility of comfortable and safe piloting of the UAV in manual control mode, it is necessary to introduce a system to ensure the stability of the UAV in all flight modes using the available attitude controls. To date, there are many ready-made

technical solutions on the world market to ensure the stability of multirotor UAVs, both for manual remote control by the operator and for flight in a fully automatic mode according to a given program [3]. At the same time, such knowledge-intensive and amateurish systems are inherently a “black box” and are not always available for introducing changes to the functionality of the system and for exploring new possibilities by the operators.

The work aims to develop a system that ensures the stability of a multirotor UAV in pitch and roll using standard flight and attitude control surfaces. In addition, discusses the stages of creating such a system based on the development of an algorithm for a proportional-integral-differentiating (PID) controller, which provides the calculation of a control feedback signal [4]. The controller algorithm is programmed in the Arduino language, based on C/C++. The system was tested on a special test bench that simulates a small multirotor UAV suspended on a Cardan joint. The Cardan joint provides the possibility to deflect the bench test moving platform relative to the longitudinal and transverse axes within acceptable limits. The platform is a cruciform frame with electric motors with propellers mounted at its ends. The stability control system includes a microcontroller and an inertial measurement unit (IMU). The microcontroller executes the PID algorithm and defines the operation mode of the motors based on the IMU readings, tracking the spatial orientation of the platform.

As a result of testing the developed system, it was possible to ensure the horizontal orientation of the platform relative to the longitudinal and transverse axes under several operating modes. The results showed that the platform stability was conserved even after externally disturbing it.

References:

1. Raymer D. P. 2018 Aircraft design: A conceptual approach.

2. Pamadi B. N. 2004 Performance, stability, dynamics, and control of airplanes.

3. Ebeid E., Skriver M., Terkildsen K. H., Jensen K., and Schultz U. P. 2018 A survey of Open-Source UAV flight controllers and flight simulators.

4. Randal W. B., and McLain. T.W. 2012 Small unmanned aircraft: theory and practice.

Создание инструмента для создания собственных карт

Юрков А.Д., Кейно П.П.

МАИ, г. Москва, Россия

На сегодняшний день существует мало инструментов для визуализирования карт мира и для создания собственных. Для создания современного веб-приложения требуется современный подход – микросервисный. Несмотря на очевидные преимущества по сравнению с монолитным приложением, типичный микросервисный подход тоже не идеален. Для создания современного ресурса стоит использовать контейнеризацию Kubernetes, которая будет управлять поднятыми в Docker контейнеры. Для backend можно использовать Spring Framework, который показал себя надежным и мощным. В качестве frontend можно использовать React/Redux, который является самым популярным фреймворком для frontend, либо Angular, который написан на TypeScript. Данный язык является более быстрым и безопасным языком программирования при сравнении с React. Данные карт необходимо записывать и обрабатывать в базах данных, для этого подойдет одно из СУБД – MySQL, Oracle, PostgreSQL, MongoDB. Данные СУБД являются популярными и надежными, могут обрабатывать большое количество информации и имеют хорошую защиту. Скорость обработки данных так же важна, так как при быстром и устойчивом соединении формируется положительный пользовательский опыт.

Данная карта может быть использована в различных целях: политическая, экономическая и множество других ситуация в мире могут быть показаны на карте, а переключаться между ними будет возможно без дополнительной загрузки.

Литература:

1. https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/476286/ - Топ-5 JS-фреймворков для фронтенд-разработки в 2020 году. Часть 1.

2. Cloud native Java - Designing Resilient Systems with Spring Boot, Spring Cloud and Cloud Foundry.

3. Learn Microservices with Spring Boot.

Creating a tool for creating your own maps

Yurkov A.D., Keyno P.P.
MAI, Moscow, Russia

At current date, there are few tools for visualizing world maps and for creating your own. To create a modern web application one to require a modern approach - microservice. Despite the obvious advantages over a monolithic application, the typical microservice approach is also not ideal. To create a modern resource, it is worth using Kubernetes containerization, which will manage containers raised in Docker. For the backend, you can use a Spring frame, which has proven to be reliable and powerful. As an interface, you can use React/Redo, which is the most popular framework for the interface, or Angular, which is written in Typewritten. This language is a faster and safer programming language when compared with React. Map data needs to be recorded and processed in databases, one of the databases is suitable for this - MySQL, Oracle, PostgreSQL, MongoDB. DBMS data is popular and reliable, can process a large amount of information and has good protection. The speed of data processing is also important, because with a fast and stable connection, a positive user experience is formed.

This map can be used for various purposes: the political, economic and many other situations in the world can be shown on the map, and it will be possible to switch between them without additional loading.

References:

1. https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/476286 / - Top 5 JS frameworks for frontend development in 2020. Part 1

2. Cloud Native Java - Development of sustainable systems with Spring Boot, Spring Cloud and Cloud Foundry

3. Learn microservices using Spring Boot

Методы и инструменты визуальной разработки динамических веб-приложений на основе методики BlockSet

Ямщиков П.Б.
МАИ, г. Москва, Россия

В наше время применение XML возросло. Сейчас XML используют не только при описании форматов документов, но и так же для описания структурированных данных. Такими данными может быть информация, которая содержится в конфигурационных файлах, таблицах и сетевых протоколах.

XML – это приоритетный язык для многих типов данных, потому что он может представить как табличные данные, так и псевдоструктурированные. Популярный формат CVS хорошо подходит для представления табличных данных, но плохо подходит для псевдоструктурированных данных. Формат RTF хорошо подходит для псевдоструктурированных данных, но не подходит для табличных данных. Именно из-за того, что XML разнообразен привело к его обширному распространению.

Объявление XML файла позволит лучше отделить преставление приложения от кода, который контролирует его поведение. Внешнее описание XML файла означит, что мы может менять представление данных без необходимости изменять исходный код и перекомпилировать его. Использование XML упрощает визуализацию структуры наших данных, что упрощает отладку проблем.

Язык BML является XML подобным и заимствует его положительные качества, и идеально подходит для проекта BlockSet. Из-за своей структуры XML подобный язык довольно легко визуализировать и именно поэтому для него создается графический редактор, который позволит редактировать BML код.

В качестве основного требования к такому редактору выступает возможность высокоуровневого редактирования кода т.к. низкоуровневое редактирование довольно малоэффективно. Для низкоуровневого редактирования обязательно нужно будет знать язык разметки и есть вероятность того, что человек может допустить ошибку при написании кода.

Визуальный редактор кода исключит проблемы низкоуровневого редактирования кода и позволит ускорить разработку, за счет наглядного представления кода.

Methods and tools for visual development of dynamic web applications based on the BlockSet technique

Yamshchikov P.B.
MAI, Moscow, Russia

Nowadays, the use of XML has increased. Now XML is used not only to describe document formats, but also to describe structured data. Such data can be information that is contained in configuration files, tables and network protocols.

XML is the preferred language for many data types because it can represent both tabular and pseudo-structured data. The popular CVS format is good for representing tabular data, but poorly suited for pseudo-structured data. RTF is good for pseudo-structured data, but not good for tabular data. It is because XML is so diverse that it has become widespread.

Declaring an XML file will allow you to better decouple the presentation of your application from the code that controls its behavior. The external description of the XML file means that we can change the presentation of the data without having to change the source code and recompile it. Using XML makes it easier to visualize our data structure, making it easier to debug problems.

BML is XML-like and borrows its positive qualities, and is ideal for the BlockSet project. Because of its XML structure, such a language is quite easy to visualize and that is why a graphical editor is created for it, which will allow you to edit BML code.

The main requirement for such an editor is the possibility of high-level code editing. Low-level editing is pretty ineffective. For low-level editing, you will definitely need to know the markup language and there is a possibility that a person can make a mistake while writing code.

The visual code editor will eliminate the problems of low-level code editing and will speed up development due to the visual presentation of the code.

4. Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем

4. Information and telecommunication technology of aviation, rocket and space systems

Modeling and Measurement of Stochastic Electromagnetic Fields

[1]Peter Russer, [1]Johannes Russer, [2]Kuznetsov Yu.V. [2]Baev A.B.
[1]Technical University Munich, Munich, Germany;
[2]MAI, Moscow, Russia

Increasing bandwidths as well as decreasing power levels in electronic systems require an electromagnetic compatibility (EMC) aware device and system design based on characterization of the electromagnetic interference (EMI) radiated by electric and electronic components and the modeling of the propagation of the EMI in devices and systems. In the case of EMI problems we have to deal with stochastic electromagnetic fields. If a stochastic electromagnetic (EM) field originates from a sufficiently large number of statistically independent processes, the field amplitudes will exhibit a Gaussian probability distribution. A Gaussian process can be described completely by its mean value and its second order moments.

A Gaussian stochastic EM field is completely characterized by the autocorrelation functions of the field amplitudes and the cross correlation functions of the field amplitudes in all pairs of space points [1,2]. To fully characterize the electromagnetic interference radiated by electric or electronic devices the tangential electric or magnetic field in a surface enclosing the device has to be scanned simultaneously by two electric or magnetic field probes and the correlation functions have to be computed for all pairs of field samples. If the autocorrelation functions of all sampled tangential electric or magnetic field components and the cross correlation functions or cross correlation spectra of all possible pairs of tangential electric or magnetic field components are known, the electric and magnetic spectral energy densities radiated by the device into a complex environment can be computed. Since the measurements have to be performed for a large number of pairs of sampling points this requires extremely short measurement times. Modern time-domain EMI measurement systems with sampling rates in the GHz region in connection with very fast parallel signal processing can fulfill this requirement [3, 4].

The signals of high-speed digital electronic circuits can be considered as stochastic signals, since in a global consideration as sources of radiated EMI the information content is irrelevant and is not considered to be predictable. The radiated EMI is mainly caused by the transients of the digital circuits. Since signals in digital ICs are clocked, the statistical averages have a periodic time dependence with the period of the clock interval. Whereas the bit sequences are stochastic the dependence of the radiated EMI pulse contribution on each transient is deterministic. We encounter in electronic systems cyclostationary (CS) stochastic EMI. A CS random EM field is a special kind of a random process with periodic time dependence of its ensemble averages [5, 6]. Cyclostationary frequencies need to be identified in order to expose otherwise hidden cyclostationary properties [7, 8]. Experimental results of two probe scanning measurement obtained for a microcontroller board are presented to discuss cyclostationary stochastic EMI analyis techniques and challenges [9–11].

References:

1. A. Russer and P. Russer, “Modeling of noisy EM field propagation using correlation information,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 63, no. 1, pp. 76–89, Jan 2015.

2. J. A. Russer, G. Gradoni, G. Tanner, S. C. Creagh, D. Thomas, C. Smartt, and P. Russer, “Evolution of transverse correlation in stochastic electro-magnetic fields,” in Proceeding of: IEEE International Microwave Symposium, IMS, Phoenix, Arizona, USA, May 17–22, 2015.

3. F. Krug and P. Russer, “The time-domain electromagnetic interference measurement system,” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 45, no. 2, pp. 330–338, 2003.
4. F. Krug, D. Mueller, and P. Russer, “Signal processing strategies with the TDEMI measurement system,” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 53, no. 5, pp. 1402–1408, 2004.
5. J. A. Russer, P. Russer, M. Konovalyuk, A. Gorbunova, A. Baev, and Y. Kuznetsov, “Analysis of cyclostationary stochastic electromagnetic fields,” in International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), 2015. Torino, Italy: IEEE, September 7-11, 2015, pp. 1452–1455.
6. “Near-field propagation of cyclostationary stochastic electromagnetic fields,” in International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), 2015. Torino, Italy: IEEE, Sep. 7-11 2015, pp. 1456–1459.
7. Y. Kuznetsov, A. Baev, M. Konovalyuk, A. Gorbunova, M. Haider, J. A. Russer, and P. Russer, “Characterization of the cyclostationary emissions in the near-field of electronic device,” in 2018 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe), 2018, pp. 573–578.
8. J. A. Russer, A. Baev, M. Haider, Y. Kuznetsov, and P. Russer, “Identification of cycle frequencies for correlation analysis of cyclostationary noisy EM fields,” in Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), 2021 15th Int. Conf. IEEE, Oct. 2021, pp. 163–166.
9. J. A. Russer, M. Haider, M. H. Baharuddin, C. Smartt, S. Wane, D. Bajon, A. Baev, Y. Kuznetsov, D. Thomas, and P. Russer, “Near-field correlation measurement and evaluation of stationary and cyclostationary stochastic electromagnetic fields,” in Proc. European Microwave Conference (EuMC). London, U.K.: IEEE, Oct. 3-7, 2016, pp. 481–484.
10. Y. Kuznetsov, A. Baev, A. Gorbunova, M. Konovalyuk, J. A. Russer, M. Haider, and P. Russer, “Cross-correlation analysis of the cyclostationary near-field unintentional radiations from the PCB,” in Proc. Int. Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC, Angers, France, Sep. 4-8, 2017.
11. Y. Kuznetsov, A. Baev, M. Konovalyuk, A. Gorbunova, and J. A. Russer, “Autocorrelation analysis and near-field localization of the radiating sources with cyclostationary properties,” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, pp. 1–10, Mar 2020.

Анализ эффективности алгоритмов адаптивной обработки в радиолокационных системах при воздействии комбинированных помех

Виноградов М.С., Нелин И.В., Свердлов Б.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Работа радиолокационных и радионавигационных систем, систем радиоуправления и передачи информации, весьма сильно зависит от шумовой обстановки в районе действия устройства. Так одной из важных тактико-технических характеристик любого устройства, работающего на радиочастоте, является помехоустойчивость – это свойство устройства выполнять поставленные задачи с допустимым снижением качества в условиях помех [1]. Известно множество способов обеспечения помехоустойчивости, но все они подразделяются на 2 группы: повышение энергии принимаемого сигнала и уменьшение мощности помех на входе или внутри приемного тракта.

В работе рассмотрена ситуация воздействия комбинированной помехи на РЛС с АФАР и произведена оценка эффективности классических алгоритмов обработки сигналов, таких как LMS и RLS, а также предложенного авторами лестничного алгоритма, основанного на обобщенном алгоритме Левенсона [2,3].

Проведено математическое моделирование работы выше указанных алгоритмов обработки для импульсной РЛС L – диапазона, на которую воздействуют 3 источника активной шумовой помехи, имеющих статические, не совпадающие координаты в пространстве, а также воздействующие на систему с постоянной мощностью на протяжении всего времени наблюдения. По мимо этого, присутствует источник пассивной помехи, с заданной шириной спектра и интенсивностью помехового воздействия, зависящего от рельефа местности, что в совокупности и дает комбинированное помеховое воздействие.

Все исследуемые алгоритмы применялись в системе пространственно-временной обработки. В результате моделирования были полученные кривые обучения, а также данные по времени адаптации для получения одинакового выходного соотношения сигнал-помеха, максимальные коэффициенты подавления мощности помехи, для фильтров одинакового порядка, а также длинны выборки, необходимые для корректной работы.

На основе полученных данных и был проведен анализ эффективности работы алгоритмов фильтрации. А также сформулированы тезисы для развития теории лестничной фильтрации и обозначены новые сферы применения данного алгоритма обработки.

Список литературы.

1. Адаптивные алгоритмы компенсации помех Авторы: Ивлев Д.Н., Орлов И.Я., Сорокина А.В., Фитасов Е.С.: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2014.- 88 с.

2. «Метод адаптивной обработки сигналов для системы автоматической посадки вертолета с фар в условиях воздействия комбинированных помех», М.С. Виноградов, Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2021), 4–13 сентября 2021 г., Алушта. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 696 с.: ил. ISBN 978-5-4316-0824-7

3.«Защита когерентно-импульсных РЛС от комбинированных помех.1. Разновидность систем ПВОС и их предельные возможности» Леховицкий Д.И., Рябуха В.П., Семеняка А.В., Катюшин Е.А., Атаманский Д.В., ISSN 0021 – 3470 Известия вузов. Радиоэлектроника. 2019. №7

Analysis of the effectiveness of adaptive processing algorithms in radar systems under the influence of combined interference

Vinogradov M.S., Nelin I.V., Sverdlov B.G.
MAI, Moscow, Russia

The operation of radar and radio navigation systems, radio control systems and information transmission, very much depends on the noise situation in the area of operation of the device. Thus, one of the important tactical and technical characteristics of any device operating at a radio frequency is noise immunity – this is the property of the device to perform assigned tasks with an acceptable decrease in quality under interference conditions [1]. There are many ways to ensure noise immunity, but they are all divided into 2 groups: increasing the energy of the received signal and reducing the power of interference at the input or inside the receiving path.

The paper considers the situation of combined interference on radar with adaptive antenna array and evaluates the effectiveness of classical signal processing algorithms such as LMS and RLS, as well as the ladder algorithm proposed by the authors based on the generalized Levenson algorithm [2].

Mathematical modeling of the operation of the above–mentioned processing algorithms for an L-band pulse radar, which is affected by 3 sources of active noise interference having static, non-matching coordinates in space, as well as affecting the system with constant power throughout the entire observation time, is carried out. In addition, there is a source of passive interference, with a given spectrum width and intensity of interference, depending on the terrain, which together gives a combined interference effect.

All the algorithms under study were used in the space-time processing system. As a result of the simulation, learning curves were obtained, as well as data on the adaptation time to obtain the same output signal-to-noise ratio, maximum noise power suppression coefficients for filters of the same order, as well as the sample lengths necessary for correct operation.

Based on the data obtained, an analysis of the effectiveness of the filtering algorithms was carried out. Also, theses for the development of the theory of ladder filtration are formulated and new areas of application of this processing algorithm are identified.

Радиоподавление средств РТР путем шумовой маскировки рабочего излучения защищаемого РЛС

Волков А.М., Юдин В.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Развитие средств радиотехнической разведки (РТР) актуализирует проблему повышения разведзащищенности радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения. Для решения этой проблемы могут быть приняты следующие меры: снижение уровней паразитных излучений РЭС, уменьшение мощности рабочего излучения РЭС, перестройка параметров излучения РЭС, многопозиционное построение РЭС, комплексирование активных РЭС с пассивными, использование пассивных режимов функционирования активных РЭС и другие. Тем не менее, перечисленные меры оказываются не всегда и не в достаточной степени эффективными по следующим причинам. Во-первых, современные средства РТР имеют высокие уровни чувствительности разведывательных приемников (РП), а также малое время обзора рабочих угловых секторов (за счет использования многолучевых и слабонаправленных антенн) и рабочих диапазонов частот (за счет использования широкополосных и многоканальных по частоте РП). Во-вторых, традиционные меры повышения скрытности (снижения разведуемости) РЭС не всегда реализуемы. Например, оказывается проблематичным энергетическое скрытие высокопотенциальных радиолокационных средств (РЛС), у которых импульсная мощность зондирующего излучения составляет десятки и сотни киловатт. Указанные обстоятельства приводят к тому, что для современных средств РТР обнаружение рабочего излучения, местоопределение и идентификация высокопотенциальных РЛС с направлений главного и боковых лепестков диаграммы направленности их антенн обычно не является проблемой.

В связи со сказанным, представляют интерес другие подходы к снижению разведуемости РЛС от средств РТР, основанные, в частности, на радиоподавлении средств РТР. Суть таких подходов заключается в создании радиопомех средствам РТР, ведущим разведку защищаемых РЛС.

Данная работа посвящена изучению радиоподавления средств РТР путем шумовой маскировки рабочего излучения защищаемого РЛС, которая предполагает создание неопределенности факта присутствия излучения, а также неопределенности радиотехнических параметров (несущая частота, сетка рабочих частот, длительность и период повторения импульсов, тип и параметры модуляции, и т.д.) РЛС в пределах некоторой зоны разведки.

В ходе работы рассмотрена задача определения требуемой мощности средств активных помех шумовой маскировки рабочего излучения защищаемого РЛС, а также произведен расчет пространственных показателей эффективности шумовой маскировки рабочего излучения защищаемого РЛС с применением средств компьютерного моделирования.

Radio suppression of signals intelligence means by noise masking of the working radiation of the protected radar

Volkov A.M., Yudin V.N.
MAI, Moscow, Russia

The development of signals intelligence (SI) means actualizes the problem of increasing the intelligence protection of radio-electronic means (REM) for various purposes. To solve this problem, the following measures can be taken: lowering the levels of parasitic radiation of the REM, reducing the power of the working radiation of the REM, restructuring the radiation parameters of the REM, multi-position construction of the REM, the integration of active REM with passive ones, the use of passive modes of operation of active REM, and others. Nevertheless, the listed measures are not always and not sufficiently effective for the following reasons. Firstly, modern SI equipment has high sensitivity levels of reconnaissance receivers (RR), as well as a short viewing time of the working angular sectors (due to the use of multi-beam and weakly directional antennas) and operating frequency ranges (due to the use of broadband and multichannel RR). Secondly, the traditional measures to increase the security of the REM are not always feasible. For example, it turns out to be

problematic energy concealment of high-potential radar facilities (radars), in which the pulse power of the probing radiation is tens and hundreds of kilowatts. These circumstances lead to the fact that for modern SI means, detection of working radiation, positioning and identification of high-potential radars from the directions of the main and side lobes of their antennas are usually not a problem.

In connection with the above, other approaches to reducing the possibility of radar reconnaissance from SI means, based, in particular, on radio suppression of SI means, are of interest. The essence of such approaches lies in the creation of radio interference to SI facilities conducting reconnaissance of protected radars.

This work is devoted to the study of radio suppression of SI means by noise masking of the working radiation of the protected radar, which implies the creation of an uncertainty about the presence of radiation, as well as the uncertainty of radio technical parameters (carrier frequency, grid of operating frequencies, duration and repetition period of pulses, type and parameters of modulation, etc.) radar station within a certain reconnaissance zone.

In the course of the work, the problem of determining the required power of active jammers for noise masking of the working radiation of the protected radar was considered, and the spatial indicators of the efficiency of noise masking of the working radiation of the protected radar were calculated using computer simulation tools.

Компенсация помехового сигнала многолучевой адаптивной фазированной антенной решетки

Григорян А.К.
МАИ, г. Москва, Россия

Многолучевая адаптивная фазированная антенная решётка представляет из себя антенне полотно, собранное из плоских подрешеток, в сборном виде являющейся усеченной пирамидой на пьедестале. Такая конфигурация позволяет обеспечить высокие показатели коэффициента усиления антенны, широкий диапазон рабочих углов, и низкий уровень боковых лепестков. Так как адаптивная антенная решётка многолучевая, это позволяет организовать не менее одного следящего луча, задачей которого является устранение помех, адаптивных к изменению реальной диаграммы направленности антенны. Фиксированные, известные заранее, по частоте и направлению помеховые сигналы учитываются в формировании диаграммы направленности до начала сканирования и оценки помеховой обстановки выделенным лучом.

Проведя эксперимент на местности, сканируя местность на помеховую обстановку, в точке установки антенного полотна, обнаружилось как минимум два источника следящей помехи. Уровень помехи на 20Дбм превышает полезный сигнал. Фильтрация сигнала провалами в диаграмме направленности может оказаться неэффективной, так как помеховый сигнал непрерывно и по неизвестном алгоритму смещается по частоте. Наиболее рациональным методом адаптации помехи такого типа является компенсация прямым методом. Формируя луч на приём помехового сигнала в фиксированном направлении и вычитая весь полученный сигнал пропорционально коэффициенту усиления других направлений приёма, получится устранить влияние помехового сигнала на уровень, необходимый для правильного выделения полезного сигнала. По оценке необходимой вычислительной мощности для обеспечения формирования луча-компенсатора, получено, что во время процесса адаптации коэффициент усиления антенного полотна для приёма полезного сигнала снижается в допустимых пределах для обеспечения правильной работы устройства.

Литература:

1. Hansen R. C. Phased array antennas/2nd ed. 2009

2. Воскресенский Д. И. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование антенных фазированных антенных решёток./Радиотехника 2012

3. Sievenpiper D. F. High impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band/ Microwave Theory AMD Technicues. 1999

4. Гринев А. Ю. Теоретическое и экспериментальное исследование двухдиапазонной антенной решётки / Радиотехника и электроника. 2012

Compensation of the interference signal of a multipath adaptive phased array antenna

Grigoryan A.K.
MAI, Moscow, Russia

A multipath adaptive phased array antenna is an antenna web assembled from flat sublattices, in a prefabricated form being a truncated pyramid on a pedestal. This configuration allows you to provide high antenna gain, a wide range of operating angles, and a low level of side lobes. Since the adaptive antenna array is multipath, this makes it possible to organize at least one tracking beam, whose task is to eliminate interference adaptive to changes in the actual antenna pattern. Fixed interference signals, known in advance, in frequency and direction, are taken into account in the formation of the radiation pattern before scanning and evaluating the interference situation with a dedicated beam.

After conducting an experiment on the ground, scanning the terrain for interference conditions, at least two sources of tracking interference were found at the point of installation of the antenna web. The interference level exceeds the useful signal by 20dBm. Filtering the signal by dips in the radiation pattern may be ineffective, since the interference signal continuously shifts in frequency according to an unknown algorithm. The most rational method of adapting interference of this type is direct compensation. By forming a beam to receive an interference signal in a fixed direction and subtracting the entire received signal in proportion to the gain of other receiving directions, it will be possible to eliminate the influence of the interference signal on the level necessary for the correct allocation of the useful signal. According to the assessment of the necessary computing power to ensure the formation of a compensator beam, it was found that during the adaptation process, the gain of the antenna web for receiving a useful signal decreases within acceptable limits to ensure the correct operation of the device.

References:

1. Hansen R. C. Phased array antennas/2nd ed. 2009.

2. Voskresensky D. I. Microwave devices and antennas. Design of phased array antennas./Radio Engineering 2012.

3. Sievenpiper D. F. High impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band/ Microwave Theory AMD Technicues. 1999.

4. Grinev A. Yu. Theoretical and experimental study of a dual-band antenna array / Radio engineering and electronics. 2012.

Циклостационарный подход к анализу мощности в электрических цепях при произвольных периодических воздействиях

Гущина О.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Современные электронные системы, выполняющие цифровую обработку сигналов, содержат в своем составе множество специализированных устройств. Эти устройства состоят из различных электронных компонентов, физические явления в которых определяются их электрическими токами и напряжениями. Традиционной моделью для описания свойств таких компонентов служит электрическая цепь, собранная из элементов с сосредоточенными параметрами. Несмотря на то, что стандартный режим работы устройств обработки сигналов предполагает обработку структурированных сигналов с случайной составляющей, детерминированные периодические сигналы будут неизбежно присутствовать.

В отличие от других подходов, разработанных к настоящему времени, предложенный в настоящей работе подход к анализу мощности в электрических цепях, находящихся под произвольным периодическим воздействием основан на двух идеях. Первая заключается в том, что периодические токи, протекающие через анализируемый элемент, и напряжения на этом элементе могут быть представлены с помощью их комплексного ряда Фурье, что в свою очередь, позволяет их рассматривать как циклостационарные процессы первого порядка. Вторая идея состоит в применении к паре напряжение-ток инструментов циклостационарного анализа, таких как взаимная двумерная ковариационная функция и взаимная спектральная корреляционная плотность.

Предложенный подход обладает большей систематичностью по сравнению с существующими альтернативными решениями этой задачи, основанными на действительном, или амплитудно-фазовом, представлении, предлагаемое описание, основанное на циклостационарных характеристиках. В дополнение к этому, хорошо согласуется с физическим смыслом мгновенной мощности как произведения напряжения и тока, относящихся к одному и тому же элементу электрической цепи или одному порту.

Проведенное для предложенного метода численное моделирование на примере резонансной цепи и двух периодических сигналов, один из которых представляет собой сумму гармоник с постоянной составляющей, второй – периодическую последовательность прямоугольных импульсов с искаженными фронтами, подтверждает действенность и эффективность предложенного метода. По результатам численного моделирования рассчитаны следующие количественные характеристики мощности: средняя мощность, кажущаяся мощность и коэффициент мощности.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: проект № FSFF-2020-0015.

Cyclostationary approach to the analysis of the power in electric circuits under arbitrary periodic excitations

Gushchina O.A.
MAI, Moscow, Russia

Modern electronic systems that perform digital signal processing contain many specialized devices. These devices are composed of various electronic components, the physical phenomena of which are determined by their electric currents and voltages. The traditional model for describing the properties of such components is an electrical circuit assembled from lumped elements. Although the normal operating mode of signal processing devices suggests periodically processing structured signals with random information components, deterministic periodic signals will inevitably be present.

In contrast to other approaches developed so far, the proposed approach to the analysis of power in electrical circuits under an arbitrary periodic excitation is based on two ideas. The first one is that the periodic voltages across and currents through this element can be represented using their complex Fourier series, which in turn allows them to be considered as the first order cyclostationary processes. The second idea is to use cyclostationary “tools” such as the cross bivariate covariance function and cross spectral correlation density to the voltage-current pair.

Despite the fact that this approach may seem complicated in comparison with the existing alternative solutions based on the real, or amplitude-phase, representation, the proposed approach based on cyclostationary characteristics is more systematic and fully corresponds to the physical meaning of the instantaneous power as a product of voltage and current related to the same element of the electrical circuit or the same port.

The numerical simulation of the proposed method using the example of a resonant circuit and two periodic signals, one of which is the sum of harmonics with dc component the second is a periodic train of rectangular pulses with exponentially smoothed leading and trailing edges, confirms the efficiency of the proposed method. Based on the results of numerical simulation, the following quantitative power characteristics were calculated: average power, apparent power, and power factor.

This research was funded by state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, projects No. FSFF-2020-0015.

Применение локального и глобального выравнивания в сфере обратного проектирования

Джум В.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Неизвестные или закрытые протоколы чаще всего используются либо как проприетарные протоколы, либо для незаконных целей в сетях ботнетов и шифровальщиках. При анализе подобных протоколов основной проблемой является поиск типов сообщений и их значения.

Если каждый тип сообщения имеет свой размер полей, эти поля статичны и обладают одинаковым размером, то поиск сообщений одного типа значительно упрощается.

Другой сценарий – это анализ протоколов, которые используют поля переменного размера. Как можно сделать вывод – при переменных полях размер сообщений каждый раз слегка отличается, но при этом данные в этих полях остаются схожи. Переходя в область биоинформатики, можно увидеть сходство между молекулами белка и пакетами протокола. В частности, пакеты одной группы, к примеру, пакеты управления, будут иметь другую структуру полей, нежели пакеты, используемые для передачи данных.

Вопросом нахождения сходств и различий между белками в биоинформатике занимаются алгоритмы глобального и локального выравнивания [1]. Глобальное выравнивание – это процесс выравнивания, в котором две последовательности выравниваются от начала до конца. Как противоположность с точки зрения масштаба, алгоритмы локального выравнивания выравнивают только части имеющие максимальную схожесть.

Глобальное выравнивания [2] используется, когда две последовательности уже считаются схожими, иначе, если последовательности слишком отличаются, процесс займёт куда больше времени, и будет вставлено слишком много пропусков, из-за которых выравнивание потеряет смысл. При использовании подобных алгоритмов имеет смысл использовать методы предварительной оценки схожести входящих последовательностей.

Алгоритмы локального выравнивания [2] последовательностей используются, когда происходит сравнение двух сильно различающихся последовательностей. Подобные алгоритмы используются, чтобы найти наибольшее количество схожих подпоследовательностей в двух больших последовательностях, таким образом выделяя общие черты полей пакетов, которые сохраняются в пределах одного класса пакетов. Подобные алгоритмы чаще всего используются для предварительного поиска очень схожих последовательностей, которые после будут анализироваться с использованием алгоритма глобального выравнивания.

Local and Global Alignment in Reverse Engineering

Dghum V.S.
MAI, Moscow, Russia

Unknown or proprietary protocols are most often used either as proprietary protocols or for illegal purposes in botnet networks and ransomware. When analyzing such protocols, the main problem is finding message types and their meaning. If each message type has its own field size, these fields are static and have the same size, then the search for messages of the same type is greatly simplified.

Another scenario is parsing protocols that use variable sized fields. As we can conclude, with variable fields, the message size is slightly different each time, but the data in these fields remains the same. Moving into the field of bioinformatics, you can see the similarities between protein molecules and protocol packages. In particular, packets of one group, for example, management packs, will have a different field structure than the packets used to transfer data.

The problem of finding similarities and differences between proteins in bioinformatics is dealt with by algorithms for global and local alignment [1]. Global alignment is an alignment process in which two sequences are aligned from start to finish. As opposing in scale, local alignment algorithms align only the parts that are most similar.

Global alignment [2] is used when two sequences are already considered to be similar, otherwise, if the sequences are too different, the process will take much longer and too many gaps will be inserted, which makes the alignment meaningless. When using such algorithms, it makes sense to use methods for preliminary assessment of the similarity of incoming sequences.

Local sequence alignment algorithms [2] are used when comparing two very different sequences. Similar algorithms are used to find the largest number of similar subsequences in two large sequences, thus highlighting the common features of packet fields that are stored within the same packet class. Such algorithms are most often used to preliminary search for very similar sequences, which will then be analyzed using the global alignment algorithm.

Цифровой модуль системы навигации для посадки беспилотного летательного аппарата

Добычина Е.М., Снастин М.В., Щербачев Т.А., Савченко В.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Системы автоматической посадки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) особенно актуальны для полётов в малодоступных местах. Поэтому необходима разработка многофункционального радиолокатора, отвечающего перспективным требованиям навигации беспилотных подвижных объектов. Архитектура такого устройства зависит от выбранной процедуры осуществления посадки аппарата и степени его автономности. Основным требованием является обеспечение динамического управления в реальном времени, когда изменение параметров системы происходит только программными средствами. Навигатор должен быть широкополосным, многофункциональным и использовать цифровое формирование луча.

Предлагается бортовая радиосистема на основе цифровой антенной решетки (ЦАР). Основой её построения является цифровой приемопередающий модуль (ППМ). В качестве излучателя для обеспечения широкой полосы частот предлагается использовать плоскую спиральную антенну, которая геометрически представляет собой проекцию конической спирали на плоскость перпендикулярную оси конуса. Преимущества таких антенн состоит в том, что для их изготовления используется технология печатных плат, которая позволяет воспроизводить любой закон изменения кривизны спиралей. Наибольшее распространение получили двухзаходные спиральные антенны, они выполняются из двух идентичных спиралей, причем одна из них повёрнута относительно другой на 1800.

Наиболее важной частью модуля является интегрированный приемопередатчик. Он содержит два канала приема и два канала передачи, систему синхронизации, цифровые интерфейсы ввода/вывода данных, а также вспомогательные аналого-цифровые (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи. Приемный тракт включает в себя входные малошумящие усилители, смеситель, согласованные усилители квадратурных сигналов, аналоговые фильтры для устранения побочных составляющих смесителя и предотвращения спектральных наложений, два 12-разрядных АЦП с регулируемой пользователем частотой дискретизации, а также набор цифровых фильтров. Смесители двух приемных каналов используют общий сигнал гетеродина, который формируется синтезатором приемного тракта.

Наличие цифровых выходов у радионавигатора, построенного на предложенных модулях, позволяет использовать любые выбранные программы для управления посадкой БПЛА через бортовой компьютер.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

The digital unit of the unmanned aircraft vehicle navigation and landing system

Dobychina E.M., Snastin M.V., Shcherbachev T.A., Savchenko V.N.
MAI, Moscow, Russia

Automatic landing systems for unmanned aerial vehicles (UAVs) are especially relevant for flights in inaccessible regions. Therefore, it is necessary to develop a multifunctional radar that meets the promising requirements for navigation of unmanned agile units. The architecture of such a device depends on the chosen landing procedure and the degree of autonomy of the vehicle. The main requirement is to provide real-time dynamic control, when changes in system parameters are made only by software. The navigator unit should be broadband, multi-functional and use digital beamforming.

An on-board radio system based on a digital antenna array (DAA) is proposed. Its design is based on the digital transceiver module (DTM). As a wideband radiator, it is proposed to use a planar spiral antenna, which is geometrically a projection of a conical spiral onto a plane normal to its axis. The advantage of such antennas lies in the use of printed circuit board technology, which makes it possible to reproduce any curvature law of the spirals. The most widespread are two-arm spiral antennas; they consist of two identical arms which are rotated by 180° with respect to each other.

The most important part of the digital unit is the integrated transceiver. It contains two RX and two TX channels, a synchronization system, digital I/O data interfaces, as well as auxiliary analog-to-digital (ADC) and digital-to-analog converters. The receive path includes input LNAs, a mixer, internally matched amplifiers for quadrature outputs, analog filters to eliminate spurious components of mixer and prevent spectral aliasing, two 12-bit ADCs with a user-adjustable sampling rate, and a set of digital filters. The RX mixers use a common local oscillator signal, which is formed by the synthesizer of the receiving path.

The presence of digital outputs at the radio navigator, built on the proposed units, allows you to use any chosen programs to control the UAV landing through the on-board computer.

The study was supported by state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FSFF-2020-0015.

Принципы построения больших программных радиолокационных систем реального времени

Ингильдеев Р.Р., Охотников Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

При разработке современных РЛС требуется создание программ реального времени управления системой и обработки данных. Их условно можно разделить на две группы: программы для узкоспециализированных систем (однорежимные локаторы) и программы для многофункциональных систем. Первые создаются применением низкоуровневых языков программирования, или систем, построенных на базе ПЛИС. Вторые могли бы быть созданы применением объектно-ориентированного программирования (ООП) и библиотек. В современные задачи радиолокаторов входит картографирование, метеолокация, селекция движущихся целей. Актуальные данные с местности полезны во время спасательных или антитеррористических мероприятий. Однако, для качественного картографирования, например, режима с синтезированной апертурой антенны, требуется обрабатывать большие массивы данных. Они могут быть представлены в виде трехмерного массива («куба») данных, с размерностями по азимуту, дальности и времени. Чтобы было возможно работать с этими данным, их необходимо хранить в оперативной памяти.

Библиотеки ООП используют динамическое выделение памяти – операции с непрогнозируемым временем выполнения, что не применимо для системы реального времени. Из-за этого многие разработчики отказываются от использования ООП в таких системах.

Очевидно, требуется создание больших программ реального времени, однако для этого не существует готовых решений и библиотек.

Предлагается использовать инструменты ООП для создания больших программ реального времени, но для исключения перечисленных выше проблем, руководствоваться рядом правил, о которых и будет рассказано далее.

Для системы реального времени важно реализовать выделение памяти в те моменты, когда не требуется мгновенная реакция на внешние события, например, во время инициализации системы, пока не началась режимная работа радиолокатора. Важно полностью избегать динамического выделения памяти, а соответственно воздержаться от использования библиотек ООП, таких как STL и подобных.

Но сохраняется возможность использовать принципы ООП, которые позволяют создавать большие, поддерживаемые программы. Такие принципы, как: использование классов, абстракция, инкапсуляция, наследование и полиморфизм.

Эти и другие средства будут рассмотрены в докладе применительно к подобным системам реального времени на основе опыта разработки.

Principles of building large software radar systems in real time

Ingildeev R.R., Okhotnikov D.A.
MAI, Moscow, Russia

When developing modern radars, it is required to create real-time programs for system management and data processing. They can be divided into two groups: programs for highly

specialized systems (single-mode locators) and programs for multifunctional systems. The first ones are created using low-level programming languages, or systems built on the basis of FPGAs. The latter could be created using object-oriented programming (OOP) and libraries. The modern tasks of radars include mapping, detecting weather conditions, selection of moving targets. Current data from the area is useful during rescue or anti-terrorist activities. However, for high-quality mapping, for example, a mode with a synthesized antenna aperture, it is required to process large data arrays. They can be represented as a three-dimensional array ("cube") of data, with dimensions in azimuth, range and time. In order to be able to work with this data, they must be stored in RAM.

OOP libraries use dynamic memory allocation - operations with unpredictable execution time, which is not applicable for a real-time system. Because of this, many developers refuse to use OOP in such systems.

Obviously, required the creation of large real-time programs, but there are no ready-made solutions and libraries for this.

It is proposed to use OOP tools to create large real-time programs, but to eliminate the problems listed above, follow a number of rules, which will be discussed later.

For a real-time system, it is important to implement memory allocation at those moments when an instantaneous reaction to external events is not required, for example, during system initialization, until the radar mode operation has begun. It is important to completely avoid dynamic memory allocation, and accordingly refrain from using OOP libraries such as STL and the like.

But it remains possible to use the principles of OOP, which allow you to create large, supported programs. Principles such as: using classes, abstraction, encapsulation, inheritance, and polymorphism.

These and other tools will be discussed in the report in relation to similar real-time systems based on development experience.

Повышение отношения сигнал-шум при обработке радиолокационных сигналов со ступенчатой частотной модуляцией

Козлов Р.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Радиолокация применяется для различных задач, в том числе для обнаружения людей, определения их координат и формирования траекторий перемещения при зондировании помещений через стену [1]. При этом имеют место быть большие затухания сигналов при распространении радиоволн через стену и множество интерференционных помех, вызванные переотражениями полезных сигналов от неподвижных объектов помещения – мебели, стен и др. Целесообразно использовать радары, излучающие сигналы со ступенчатой частотной модуляцией (СЧМ) [5].

В реальных условиях помимо человека есть множество сильных отражателей, из-за чего отношение сигнал-шум (ОСШ) довольно низкое (порядка единиц дБ). Поэтому для выделения полезного сигнала используются алгоритмы [1, 2], основанные на статистическом накоплении нескольких кадров принятого СЧМ-сигнала. В данном докладе представлен метод, который позволяет увеличить ОСШ и улучшить качество обнаружения людей.

При радиолокационном зондировании людей через стену особенностью полезного сигнала является его изменчивость в пределах медленного времени в результате движения или колебания цели. И чем больше амплитуда движений, тем выше ОСШ для разностного сигнала. Если в помещении присутствуют и подвижные, и неподвижные люди, обнаружить последних очень тяжело, и традиционные алгоритмы выделения движений (метод чересперiодного вычитания, вычисление локальной дисперсии, метод преобразования Фурье, двумерные преобразования и др.) становятся малоэффективными. Предложенный алгоритм позволяет выровнять амплитуды отражений от целей разной степени подвижности, и тем самым улучшить характеристики обнаружения.

Для формирования статистики достаточно использовать накопление кадров за 0,5..1 сек с учётом особенностей движения человека. Период следования кадров может составлять 0,05..0,2 с, что соответствует 5..10 кадрам принятого сигнала. Входными данными является

матрица комплексных отсчётов, содержащая информацию об амплитуде и фазе отражённого сигнала для каждой частоты (строки) в зависимости от медленного времени (столбцы). Каждый пришедший кадр сдвигает все остальные кадры по принципу скользящего окна. В качестве алгоритма выделения движения используется разность последнего пришедшего кадра и усреднённого по времени кадра [2]. Далее этот разностный кадр нормируется, то есть каждое его комплексное значение делится на модуль значения. Таким образом, это значение модуля отсчёта всегда равно 1. Для дальнейшего получения развёртки по дальности применяется дискретное преобразование Фурье.

Компьютерное моделирование показало, что выигрыш для предложенного алгоритма в ОСШ составляет 1…5 дБ. Этот выигрыш меняется в зависимости от ОСШ входного разностного сигнала. Натурные эксперименты с макетом радара при зондировании через стену показали выигрыш в ОСШ для сидящего человека 2..4 дБ. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности практического использования предложенного алгоритма.

Литература:

1. Through-the-wall Radar Imaging. Edited by M.G. Amin. L – CRC Press, 2011.

2. Richards M.A. Fundamentals of Radar Signal Processing. – New York: McGraw-Hill. 2013.

3. Chen V.C. The Micro-Doppler Effect in Radar. Artech House. Boston/London. 2011.

4. Биорадиолокация / Под ред. А.С. Бугаева, И.С. Ивашова, И.Я. Имореева. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

5. Гаврилов К.Ю., Каменский И.В., Кирдяшкин В.В., Линников О.Н. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. Учебное пособие. Под ред. К.Ю. Гаврилова. – М.: Радиотехника, 2020.

Increasing the signal-to-noise ratio when processing radar SFCW signals

Kozlov R.Y.

MAI, Moscow, Russia

Radiolocation is used for various tasks, including detecting people, determining their coordinates and forming trajectories of movement when probing rooms through a wall [1]. There are large attenuations of signals during the propagation of radio waves through the wall and a lot of interference interference caused by re-reflections of useful signals from stationary objects of the room. It is expedient to use radars emitting stepped frequency continuous wave signals (SFCW) [5].

In real conditions, in addition to humans, there are many strong reflectors, which is why the signal-to-noise ratio (SNR) is quite low (on the order of units of dB). Therefore, algorithms [1, 2] based on the statistical accumulation of several frames of the received midrange signal are used to detect a useful signal. This report presents a method that allows to increase the SNR and improve the quality of human detection.

When radar probing people through a wall, a feature of a useful signal is its variability within a slow time as a result of movement or fluctuation of the target. That is, the response from a walking person will be significantly larger in amplitude than the response from a sitting person. If both moving and stationary people are present in the room, it is very difficult to detect the latter, and traditional algorithms for detecting movements (the method of interperiodic subtraction, calculation of local variance, the Fourier transform method, two-dimensional transformations, etc.) become ineffective. The proposed algorithm makes it possible to align the amplitudes of reflections from targets of varying degrees of mobility, and thereby improve the detection characteristics.

To forming statistics, it is enough to use the accumulation of frames for 0.5..1 sec. It corresponds to 5..10 frames of the received signal. The input data is a matrix of complex samples containing information about the amplitude and phase of the reflected signal for each frequency (rows) depending on the slow time (columns). Each incoming frame shifts all other frames (columns) according to the sliding window principle. The difference between the last received frame and the time-averaged frame is used as an algorithm for motion detection [2]. Next, this difference frame is normalized, that is, each of complex values is divided by a its absolute value. Thus, every absolute value is always equal to 1. A discrete Fourier transform is used to further obtain the range profile.

Computer simulation has shown that the gain for the proposed algorithm in the SNR is 1...5 dB. This gain varies depending on the SNR of the input difference signal. Full-scale experiments with the radar layout when probing through the wall showed a gain in SNR for a sitting person of 2..4 dB. The obtained results shows the validity of practical use of the proposed algorithm.

References:

1. Through-the-wall Radar Imaging. Edited by M.G. Amin. L – CRC Press, 2011.
2. Richards M.A. Fundamentals of Radar Signal Processing. – New York: McGraw-Hill. 2013.
3. Chen V.C. The Micro-Doppler Effect in Radar. Artech House. Boston/London. 2011.
4. Bioradiolokaciya / Pod red. A.S. Bugaeva, I.S. Ivashova, I.Ya. Immoreeva. M.: Izd. MGTU im. N.E. Baumana 2010. (In Russian).
5. Gavrilov K.Yu., Kamenskij I.V., Kirdyashkin V.V., Linnikov O.N. Modelirovanie i obrabotka radiolokacionnyh signalov v Matlab. Uchebnoe posobie. Pod red. K.Yu. Gavrilova. – M.: Radiotekhnika, 2020. (In Russian).

Вопросы калибровки ФАР в процессе эксплуатации

Коротецкий Е.В.
ПАО «Радиофизика», г. Москва, Россия

Неотъемлемой частью разработки и эксплуатации фазированных антенных решеток (ФАР) является процедура определения начальных электрических длин и амплитуд каналов ФАР, или начальных коэффициентов передачи (НКП) каналов. Эту процедуру принято называть калибровкой ФАР. Калибровка выполняется для учета технологического разброса НКП.

Актуальным является вопрос оценки влияния ряда негативных факторов, снижающих точность результатов калибровки. К таким факторам относятся:

-случайная погрешность измерения мощности;

-погрешность определения положения калибровочной антенны (КА) относительно апертуры ФАР;

-погрешность, обусловленная попаданием в апертуру ФАР рассеянных сигналов, возникающих вследствие рассеяния поля КА на неоднородностях, окружающих место проведения калибровки. Получены выражения, связывающие перечисленные негативные факторы с НКП, а также показано влияние последних двух факторов на формируемую ДН ФАР. Влияние случайной погрешности измерения мощности на результат калибровки рассмотрено[1] для метода REV, использующегося в ПАО «Радиофизика». Показано, что при ошибке установки КА вдоль апертуры, после калибровки возникает линейная и кубическая фазовые ошибки в апертуре. При ошибке установки КА по нормали к апертуре, после калибровки возникает квадратичная фазовая ошибка в апертуре[2]. Показано, что при попадании в апертуру ФАР малого рассеянного сигнала КА и амплитудно-фазовом управлении, формируется одна, направленная в противоположную сторону от источника рассеяния, волна. При фазовом управлении формируются две волны: на источник рассеяния и в противоположном направлении[3].

При калибровке крупноапертурных ФАР в условиях ограниченного пространства, например в БЭК, на транспортных средствах и т.д. бывают случаи, когда невозможно эффективно возбудить всю апертуру ФАР одной близко расположенной к ней КА. В этих случаях актуальна задача рационального разделения апертуры ФАР на перекрывающиеся секторы, каждый из которых калибруется независимо. После калибровки каждого сектора необходимо совместить массивы калибровки секторов в единый массив для всей ФАР[4]. Эта задача также рассмотрена.

1. Коротецкий Е.В., Шитиков А.М. Оценка ошибок методов MTE и REV калибровки ФАР // Радиотехника. 2014. №1. С. 72 – 78;

2. Коротецкий Е.В., Шитиков А.М., Денисенко В.В. Влияние ошибки установки юстировочной антенны на фазовую ошибку в апертуре при формировании луча и калибровке в ближней зоне // Радиотехника. 2013. №5. С. 89 – 94;

3. Коротецкий Е.В., Шитиков А.М. Оценка влияния близкорасположенного помехового сигнала при калибровке на результирующую ДН ФАР // Радиотехника. 2012. №4. С. 96 – 101;

4. Коротецкий Е.В., Шитиков А.М., Денисенко В.В. Вопросы калибровки многоэлементных фазированных антенных решеток в процессе эксплуатации. Труды 9-ой международной конференции по теории и технике антенн, ICATT'13. С. 405 – 407.

PAA calibration issues in situ

Korotetskiy Y.V.
JSC "Radiofizika", Moscow, Russia

Several factors are considered that affect the accuracy of the PAA calibration. The estimates of this influence on the formed amplitude pattern are presented. The influence of the test signal power error on the calibration accuracy by the REV method is considered. The technique of calibration of large-aperture PAA in parts with overlapping sectors is presented.

An integral part of the development and operation of phased antenna arrays (PAA) is the procedure for determining the initial electrical lengths and amplitudes of the PAA, or the initial coefficients (ICs) of the channels. This procedure is commonly called PAA calibration. Calibration is performed to take into account the technological spread of the IC.

The issue of assessing the impact of negative factors that reduce the accuracy of the results obtained by calibration is crucial. Such factors include:

-random error of the test signal power;

-error in determining the position of the calibration antenna (CA) relative to the aperture of the PAA;

-the error caused by interference signals entering the aperture of the PAA resulting from the scattering of the CA field on inhomogeneities surrounding the calibration site. Expressions linking the listed negative factors with the IC are obtained, and the influence of the last two factors on the generated amplitude pattern of the PAA is also shown. The influence of the random error of the test signal power on the calibration result is considered[1] for the REV method used in PJSC "Radiofizika". It is shown that with an error in the CA installation along the aperture, after calibration, linear and cubic phase errors appear in the aperture. If the CA is positioned along the normal to the aperture, after calibration, a quadratic phase error occurs in the aperture [2]. It is shown that when a small scattered signal from the CA enters the PAA aperture and the amplitude-phase control, one wave is formed, directed in the opposite direction from the scattering source. During phase control, two waves are formed: to the scattering source and in the opposite direction [3].

When calibrating large-aperture PAAs in conditions of limited space, for example in the anechoic chamber, on vehicles, etc., there are cases when it is impossible to effectively excite the entire aperture of the PAA from one CA located close to it. In these cases, the problem of rational separation of the PAA aperture into overlapping sectors, each of which is calibrated independently, is relevant. After calibration of each sector, it is necessary to combine the sector calibration arrays into a single array for the entire PAA[4]. This task is also considered.

1. Korotetskiy Y.V., Shitikov A.M. Errors estimation for MTE and REV calibration methods of PAA // Радиотехника. 2014. №1. P. 72 – 78;

2. Korotetskiy Y.V., Shitikov A.M., Denisenko V.V. Influence of calibration probe positioning error on the aperture phase error when calibration and beam forming in near-field region // Radiotekhnika. 2013. №5. P. 89 – 94;

3. Korotetskiy Y.V., Shitikov A.M. Estimation of near field parasitic signal influence on radiation pattern of the array during calibration // Radiotekhnika. 2012. №4. P. 96 – 101;

4. Korotetskiy Y.V., Shitikov A.M., Denisenko V.V. Phased array antenna calibration problems, including in-service and multi-element PAA calibration. Proceedings of the IX International Conference on Antenna Theory And Techniques, ICATT'13 P. 405 – 407.

Высокоточный алгоритм определения дальности между вращающимся по окружности объектом и стационарным излучателем непрерывного сигнала

Красавин Д.С., Грибанов А.С., Охотников Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе рассматривается система, состоящая из стационарного передатчика непрерывного гармонического радиосигнала и приёмника, получающего сигнал в точке, совершающей движение по окружности. Считается, что передатчик и приёмник имеют всенаправленные антенны, настроены на одну частоту, поляризация радиосигнала влияние на приём и передачу не оказывает, центр окружности, по которой совершает движение точка приёма радиосигнала, не совершает никакого движения.

При приёме сигнала в точке, совершающей движение по окружности, возникает искажение несущей частоты, вызванное эффектом Доплера. Значение доплеровской частоты будет являться периодической функцией времени, так как проекция радиальной скорости приёмного устройства на линию визирования будет периодически изменяться. Вид зависимости Доплеровской частоты от времени будет различным для различных дальностей, угловых положений, периодов обращения точки приёма и будет стремиться к форме функции синуса при дальности более 100 метров. Если предположить, что передатчик находится в плоскости вращения винтов, то вид зависимости Доплеровской частоты от времени может быть рассчитан для любой дальности, следовательно, множество таких функций, построенных для разных дальностей, могут быть использованы для построения опорных функций при обработке принимаемого сигнала на известной частоте.

Таким образом, искомую дальность при расстоянии от передатчика до точки приёма менее 100 метров можно вычислить путём свёртки принимаемого сигнала с каждой из опорных функций по максимуму амплитудного отклика на выходе корреляционного фильтра. Точность определения дальности при отсутствии амплитудных и фазовых шумов в этом случае будет зависеть от шага по дальности для выбора опорных функций, и может достигать значения менее 0.01 м.

К основным достоинствам такого метода можно отнести высокую потенциальную точность вычисления дальности. Недостатком будет являться сравнительно небольшая дальность действия, необходимый возрастающий объём вычислений для получения более точных данных, а также зависимость быстродействия алгоритма от скорости вращения точки приёма.

High-precision algorithm of determining the distance between a circularly rotating object and a stationary emitter of a continuous signal

Krasavin D.S., Gribanov A.S., Okhotnikov D.A.
MAI, Moscow, Russia

The paper considers a system consisting of a stationary transmitter of a continuous harmonic radio signal and a receiver that receives a signal at a point moving in a circle. It is believed that the transmitter and receiver have omnidirectional antennas, tuned to the same frequency, the polarization of the radio signal does not affect reception and transmission, the center of the circle along which the radio signal receiving point moves does not make any movement.

When a signal is received at a point moving in a circle, there is a distortion of the carrier frequency caused by the Doppler effect. The Doppler frequency value will be a periodic function of time, since the projection of the radial velocity of the receiver onto the line of sight will change periodically. The form of the dependence of the Doppler frequency on time will be different for different ranges, angular positions, orbital periods of the receiving point and will tend to the shape of the sine function at a distance of more than 100 meters. If we assume that the transmitter is in the plane of rotation of the propellers, then the form of the Doppler frequency versus time can be calculated for any range, therefore, a set of such functions built for different ranges can be used to construct reference functions when processing the received signal at a known frequency.

Thus, the desired range at a distance from the transmitter to the receiving point of less than 100 meters can be calculated by convolving the received signal with each of the reference functions according to the maximum amplitude response at the output of the correlation filter. In this case, the

accuracy of ranging in the absence of amplitude and phase noise will depend on the distance step for selecting the reference functions, and can reach values less than 0.01 m.

The main advantages of this method include the high potential accuracy of the range calculation. The disadvantage will be the relatively short range, the required increasing amount of calculations to obtain more accurate data, as well as the dependence of the algorithm's performance on the speed of rotation of the receiving point.

Оценка ошибок измерения тангенциальной скорости наземной движущейся цели в РСА при поступательном движении фазового центра реальной антенны

Кучмий А.Д., Ясенцев Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Одним из основных режимов функционирования бортовых радиоэлектронных комплексов, предназначенных для обзора подстилающей поверхности, является селекция наземных движущихся целей (СНДЦ). Сложность решения этой задачи обусловлена малыми скоростями движения и небольшими габаритами наблюдаемых наземных целей, а также работой в условиях фоновых отражений. В режиме СНДЦ решаются задачи определения местоположения наземной движущейся цели (НДЦ), оценки ее радиальной и тангенциальной составляющих вектора скорости и индикации на фоне радиолокационного изображения подстилающей поверхности.

Обнаружение малоразмерных НДЦ в бортовых РЛС обзора подстилающей поверхности осуществляется совместно с режимом синтезирования апертуры антенны, который реализуется путём длительного когерентного накопления траекторного сигнала при поступательном движении носителя РЛС. Использование режима синтезирования апертуры антенны позволяет повысить разрешающую способность РЛС по углу, что позволяет существенно повысить соотношение «сигнал-фон» в элементе разрешения для наблюдаемых подвижных целей.

Наиболее сложной задачей в режиме СНДЦ является оценка тангенциальной составляющей вектора скорости НДЦ. Сложность данной задачи обусловлена тем, что изменение расстояния вследствие движения цели поперёк линии визирования, а, следовательно, и изменение фазовой структуры сигнала, очень мало. Исследования показали, что существенного изменения вида отклика при наличии тангенциальной скорости цели по сравнению с неподвижной целью не происходит.

Для обнаружения целей, двигающихся с тангенциальной скоростью, предложена дополнительная обработка тракторного сигнала, возникающего при поступательном движении фазового центра реальной антенны, заключающаяся в разбиении реализации сигнала на две подапертуры, с их последующей совместной обработкой, позволяющей выделить разность фаз сигналов подапертур. Приведены результаты моделирования, показывающие возможность реализации описанной обработки и проведена оценка ошибок измерения тангенциальной скорости.

Estimation of errors in measuring the tangential velocity of a ground moving target in SAR with translational motion of the phase center of a real antenna

Kuchmy A.D., Yasentsev D.A.
MAI, Moscow, Russia

One of the main modes of operation of on-board radio-electronic systems designed to survey the underlying surface is the ground moving targets indication (GMTI). The complexity of solving this problem is due to the low speeds and small dimensions of the observed ground targets, as well as to work in conditions of background reflections. In the GMTI mode, the tasks of determining the location of a ground moving target (GMT), assessing its radial and tangential components of the velocity vector and indication against the background of the radar image of the underlying surface are solved. The detection of small-sized GMTs in the on-board radar for the survey of the underlying surface is carried out in conjunction with the antenna aperture synthesis mode, which is implemented by long-term coherent accumulation of the trajectory signal during the translational movement of the

radar carrier. The use of the synthesizing mode of the antenna aperture makes it possible to increase the resolution of the radar in terms of the angle, which makes it possible to significantly increase the signal-to-background ratio in the resolution element for the observed moving targets. The most difficult task in the GMT mode is to estimate the tangential component of the GMT velocity vector. The complexity of this task is due to the fact that the change in distance due to the movement of the target across the line of sight, and, consequently, the change in the phase structure of the signal is very small. Studies have shown that there is no significant change in the type of response in the presence of a target's tangential velocity compared to a stationary target. To detect targets moving at a tangential speed, an additional processing of the tractor signal arising during the translational movement of the phase center of a real antenna is proposed, which consists in dividing the signal implementation into two sub-apertures, with their subsequent joint processing, which makes it possible to isolate the phase difference of the sub-apertures signals. The results of modeling are presented, showing the possibility of implementing the described processing, and the estimation of errors in measuring the tangential velocity is carried out.

Использование алгоритмов BLAST для осуществления верификации протокола

Лосев В.А.
МАИ, г. Москва, Россия

При анализе входящего протокола основной проблемой является верификация, что протокол соответствует RFC, которая описывает его сообщения. Если RFC протокола строго описывает все поля, то задача становится тривиальной, но подобные RFC встречаются редко. Значительная часть RFC описывает только общую структуру и формат сообщений, оставляя свободные поля или оставляя множество полей под “резерв”.

В подобном сценарии верификация пакетов протокола в режиме близкому к режиму реального времени становится проблемной. Подобную ситуацию можно рассмотреть с иной точки зрения – с точки зрения биологии. Рассматривая входящий пакет как молекулу белка, которая является мутантом оригинальной молекулы белка, можно увидеть определенную схожесть этих двух объектов. Одна из сфер биоинформатики занимается как раз поиском белков, имеющих общее происхождение, так называемых гомологов.

Алгоритмы биоинформатики делятся на алгоритмы глобального выравнивания и локального выравнивания. Алгоритм локального выравнивания, как понятно из названия, производит выравнивание отдельного участка, что позволяет эффективно найти схожесть между массивами пакетов.

Одним из подобных алгоритмов является семейство алгоритмов BLAST (от англ. Basic Local Alignment Search Tool). Буквально “Средство поиска основного локального выравнивания”. Алгоритмы BLAST делятся на следующие 5 категорий – Нуклеотидные, Белковые, Транслирующие, Геномные, Специальные. Так как мы рассматриваем пакет как молекулу белка – нас интересуют Белковая группа алгоритмов. Из этого семейства наиболее интересным для применения является алгоритм blastp и phi-blast.

Phi-blast – алгоритм позволяющий находить белки (пакеты) на основе заранее заданных шаблонов. При этом шаблоны могут содержать определённые паттерны, что позволит значительно ускорить верификацию пакетов при достаточно строгих исходных стандартах протокола.

Blastp – алгоритм, который использует базу данных белков для поиска наиболее схожих белков с образцом на входе. Заменив базу данных белков на базу данных верифицированных пакетов протокола, мы получим отлично средства для поиска схожих пакетов.

Алгоритм медленный в сфере биоинформатики из-за объёма информации, который ему приходится анализировать. Используя Phi-blast для первичного отсеивания и категоризации пакетов, мы можем значительно сократить базу данных, которая будет использоваться для гранулярного выравнивания и поиска. Для ускорения также используются CUDA ядра[3].

1) Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) // Jonathan Pevsner – 2009 – URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470451496.ch4 (дата обращения: 19.10.2021)

2) Основы биоинформатики // А.Н. Огурцов, // НТУ «ХПИ» – 2013 URL: https://core.ac.uk/download/pdf/79662764.pdf (дата обращения: 19.10.2021)
3) Weiguo Liu, Bertil Schmidt, Wolfgang Muller-Wittig // CUDA-BLASTP: Accelerating BLASTP on CUDA-Enabled Graphics Hardware // IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics – 2011 – pp. 1678 – pp. 1684 - URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/5719601 (дата обращения: дата обращения: 19.10.2021)

BLAST Algorithms Usage in Protocol Verification

Losev V.A.
MAI, Moscow, Russia

When parsing an incoming protocol, the main issue is verifying that the protocol complies with the RFC that describes its messages. If the RFC of the protocol strictly describes all the fields, then the task becomes trivial, but such RFCs are rare. Much of the RFC only describes the general structure and format of messages, leaving free fields or leaving many fields for "reserve".

In such a scenario, near-real-time verification of protocol packets becomes problematic. This situation can be viewed from a different point of view - from the point of view of biology. Considering the incoming packet as a protein molecule that is a mutant of the original protein molecule, you can see a certain similarity between the two objects. One of the spheres of bioinformatics deals with the search for proteins that have a common origin, the so-called homologues.

Bioinformatics algorithms are divided into global alignment and local alignment algorithms. The local alignment algorithm, as the name implies, aligns a separate area, which allows you to effectively find the similarity between the packet arrays.

One of such algorithms is the BLAST family of algorithms (Basic Local Alignment Search Tool). Literally “Basic Local Alignment Finder”. BLAST algorithms are divided into the following 5 categories - Nucleotide, Protein, Translating, Genomic, Special. Since we consider the package as a protein molecule, we are interested in the Protein group of algorithms. Of this family, the most interesting to use are the blastp and phi-blast algorithms.

Phi-blast is an algorithm that allows you to find proteins (packets) based on predefined patterns. At the same time, templates can contain certain patterns, which will significantly speed up packet verification with sufficiently strict initial protocol standards.

Blastp is an algorithm that uses a protein database to find the most similar proteins to the input sample. By replacing the database of proteins with the database of verified protocol packets, we have excellent tools for finding similar packets.

The algorithm is slow in bioinformatics due to the amount of information it has to analyze. By using Phi-blast for the primary filtering and categorization of packets, we can significantly reduce the database that will be used for granular alignment and search. CUDA kernels are also used for acceleration [3].

Оптимальное управление в многопозиционных системах

Лыгина И.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

В последнее время остаются актуальными вопросы теории и практики многопозиционных систем различного назначения. Особенностью таких систем является использование пространственно-временных методов обработки информации, заложенной в волновых полях и радиосигналах, принимаемых одновременно в пространственно-разнесенных позициях.

Так, в радиолокации – это многопозиционные РЛС (МПРЛС). включающие несколько разнесенных в пространстве передающих, приемных или приемопередающих позиций. Таким образом, информация об объектах извлекается из нескольких участков поля и обрабатывается совместно.

Такую задачу решают пространственно-когерентные МПРЛС, в которых необходима взаимная привязка разнесенных позиций не только по времени, частоте (опорным частотам передатчиков и гетеродинов приемников), но и по высокочастотным фазам и которые

используют информацию о пространственно-временных характеристиках электромагнитного поля, в том числе, и в соотношении начальных фаз сигналов нга входах разнесенных позиций [1].

Возникает технически сложная задача обеспечения синхронизации одинаковой частоты и фазы разнесенных позиций.

Ранее в работе [2] на основе теории нелинейной фильтрации и стохастического оптимального управления была получена оптимальная структура синхронизации двух пространственно удаленных генераторов, были выбраны оптимальные параметры элементов, входящих в структуру. Был применен критерий, минимизирующий квадрат разности полных фаз удаленных генераторов.

В работе [3] получена оптимальная структура синхронизации удаленного генератора по эталонному. Обеспечить подачу опорной фазы на разнесенные позиции весьма затруднительно из-за нестабильностей в линиях связи, которые чувствительны к изменению температуры окружающей среды. Априорные сведения о векторе состояний задавались системой из пяти стохастических линейных дифференциальных уравнений. Сигнал от каждого генератора поступал к другому с задержкой в смеси с шумом Структура была получена на основе оптимального управления по оценке.

Таким образом, в работах [2,3] предложено структурное решение для двухпозиционных разнесенных антенных систем.

Для решения задачи управления в многопозиционных системах важно правильно учесть априорные сведения о передаваемых сигналах (вектор состояния). В соответствии с теорией они должны быть описаны системой стохастических нелинейных дифференциальных уравнений. Необходимо учесть трудности взаимной фазировки и записать уравнения измерений.

Решение задачи синтеза оптимальной структуры усложняется с увеличением количества разнесенных позиций составляющих многопозиционную систему.

Однако, при определенных допущениях и при использовании квадратичного критерия качества, например, квадрата рассогласования полных фаз на заданном интервале наблюдения, задача может быть решена.

Литература:

1. Радиолокационные системы. Основы построения и теория. Справочник.Под редакцией Я.Д.Ширмана. М., Радиотехника, 2007, 510 С.

2. В.И.Самойленко, И.Ю.Лыгина Квазиоптимальное стохастическое фазирование двух удаленных генераторов.-Радиотехника и электроника-АН СССР, с.2322-2326.

3. В.И.Самойленко, И.В.Грубрин, И.Ю.Лыгина Синтез структуры синхронизации удаленного генератора.-Изв.ВУЗов Радиоэлектроника, № 9, с. 44-49.

Optimal control in multi-position systems

Lygina I.Y.

MAI, Moscow, Russia

Recently, the issues of theory and practice of multi-position systems for various purposes remain relevant. A feature of such systems is the use of spatio-temporal methods of processing information embedded in wave fields and radio signals received simultaneously in spatially spaced positions.

So, in radar, these are multi-position radars (MPRLS). Including several transmitting, receiving, or receiving-transmitting positions spaced apart. Thus, information about objects is extracted from several sections of the field and processed together.

Such a problem is solved by spatially coherent MPRLS, in which the mutual binding of spaced positions is necessary not only in time, frequency (reference frequencies of transmitters and receiver heterodynes), but also in high-frequency phases and which use information about the spatio-temporal characteristics of the electromagnetic field, including in the ratio of the initial phases of the signals at the inputs of spaced positions [1].

There is a technically difficult task of ensuring synchronization of the same frequency and phase of the spaced positions.

Previously in the work [2] based on the theory of nonlinear filtering and stochastic optimal control, an optimal synchronization structure of two spatially remote generators was obtained, optimal parameters of the elements included in the structure were selected, a criterion was applied that minimizes the square of the difference in the total phases of remote generators.

In [3], the optimal synchronization structure of the remote generator according to the reference one was obtained. It is very difficult to ensure the supply of the reference phase to the spaced positions due to instability in the communication lines, which are sensitive to changes in ambient temperature. .A priori information about the state vector was given by a system of five stochastic linear differential equations. The signal from each generator was transmitted to the other with a delay mixed with noise, the structure was obtained on the basis of optimal evaluation control.

Thus, a structural solution for two-position spaced antenna systems was proposed in [2,3].

To solve the control problem in multi-position systems, it is important to correctly take into account a priori information about the transmitted signals (state vector). According to the theory, they should be described by a system of stochastic nonlinear differential equations. It is necessary to take into account the difficulties of mutual phasing and write down the measurement equations.

The solution of the optimal structure synthesis problem becomes more complicated with an increase in the number of spaced positions that make up a multi-position system.

However, under certain assumptions and when using a quadratic quality criterion, for example, the square of the mismatch of the complete phases at a given observation interval, the problem can be solved.

References:

1. Radar systems. Fundamentals of construction and theory. Guide.Edited by J.D.Shirman. M., Radio Engineering, 2007, 510 P.

2. V.I.Samoylenko, I.Y.Lygina Quasi-optimal stochastic phasing of two remote generators.-Radio Engineering and Electronics-USSR Academy of Sciences, pp.2322-2326.

3. V.I.Samoylenko, I.V.Grubrin, I.Y.Lygina Synthesis of the synchronization structure of a remote generator.-Izv.Universities Radioelectronics, No. 9, pp.44-49

Методика прослеживаемости результатов испытаний сверхбольших интегральных схем

Назаров А.В., Смирнов К.К., Салямов Р.Х.
МАИ, г. Москва, Россия

В докладе рассмотрены различные конструктивные решения сверхбольших интегральных схем, основные виды их испытаний и проведена классификация полупроводниковых пластин по конструктивно-технологическому подобию. Результаты анализов использованы далее для реализации условий и разработки методики обеспечения полной прослеживаемости предметов труда (кристаллов, пластин, корпусов и пр.), в условиях реального производства. Методика основана на применении программного комплекса анализа результатов Functional Test Studio, разработанного Смирновым К. Комплекс позволяет собрать, обрабатывать и наглядно представлять данные по результатам измерений групп пластин с разными технологическими параметрами и условиями проведения испытаний. Собранные таким образом данные используются на всех этапах предложенного в работе маршрута проектирования и испытания сверхбольших интегральных схем, обеспечивающего 100%-ю прослеживаемость результатов их испытаний. Предлагаемый маршрут основан на применении системного языка STeeL, позволяющего разработать функциональные тесты и электрическую оснастку одновременно для всего парка производственного оборудования и резко сократить время разработки электрической оснастки, функциональных тестов, а также время анализа отказов полупроводниковых пластин.

Эффект, достигнутый от применения указанной методики совместной разработки функциональных тестов сверхбольших интегральных схем и электрической оснастки, а также эффект от быстрого переноса тестов с одного оборудования на другое показаны на конкретных примерах.

[1] Reznichenko N., and Alexandrov A., “Functional management of an in-tegrated microcircuit,”, Young scientist. 21, 2016, pp. 201-204

[2] K. Smirnov, M. Bubnova, “The environment for the preparation of the functional control program,” // Proceedings of the Institute of System Research of the Russian Academy of Sciences, V. 4. No. 1, 2014, pp. 32-39..

Traceability methodology for test results of very-large integrated circuits

Nazarov A.V., Smirnov K.K., Salyamov R.Kh.

MAI, Moscow, Russia

The report discusses various design solutions of complex-functional very large integrated circuits , the main types of their tests, and a classification of semiconductor wafers according to their design and technological similarity. The results of the analyzes were used further to implement the conditions of develop a methodology for 100% traceability of objects of labor (crystals, plates and ets.) in real production conditions. The proposed methodology is based on the use of the Functional Test Studio software. It allows you to collect, process and visualize data on the results of measurements of groups of plates with different technological parameters and test conditions. The data collected is used further at all stages of the route of designing and testing very large integrated circuits , which ensures 100% traceability of objects of labor. The proposed route is based on the use of the STeeL system language. This language makes it possible to develop functional tests and electrical equipment simultaneously for the entire fleet of test equipment that dramatically reduces time for analyzing wafer failures. The effect achieved from the application of this methodology for the joint development of functional tests of very large integrated circuits and electrical equipment, as well as the effect obtained from the rapid transfer of tests from one equipment to another, is shown with specific examples.

[1] Reznichenko N., and Alexandrov A., “Functional management of an in-tegrated microcircuit,”, Young scientist. 21, 2016, pp. 201-204

[2] K. Smirnov, M. Bubnova, “The environment for the preparation of the functional control program,” // Proceedings of the Institute of System Research of the Russian Academy of Sciences, V. 4. No. 1, 2014, pp. 32-39..

Моделирование линейной антенной решетки из излучателей на основе малогабаритного волноводного поляризатора с выступами и линейной перегородкой

Нгуен Динь То, Овчинникова Е.В., Трофимова Т.А., Кондратьева С.Г.

МАИ, г. Москва, Россия

В докладе рассмотрены проблемы разработки и создания бортовых антенных решеток систем связи, устанавливаемых на малых космических аппаратах. Рассмотрены варианты построения антенных систем, позволяющие преодолеть недостатки и минимизировать массогабаритные характеристики.

На современном этапе развития бортовых систем спутниковой связи возникает необходимость совершенствования конструкций и улучшения технических характеристик антенн. Непрерывное увеличение информационной емкости каналов связи и скорости передачи информации также способствуют модернизации антенн, применяемых в телекоммуникационных системах. Важнейшим требованием к антеннам является их компактность.

В докладе приводится модель волноводной антенной решетки с эллиптической поляризацией и коаксиальной распределительной системой. Для обеспечения работы высокоскоростной системы спутниковой связи антенная решетка должна иметь коэффициент усиления не ниже 15 дБ в X-диапазоне и высокий коэффициент эллиптичности в секторе углов ±70° в азимутальной плоскости.

В докладе путем численного электродинамического моделирования были определены характеристики направленности антенной решетки, состоящей из 8 элементов, работающей в X – диапазоне. Характеристики направленности рассчитаны с учетом взаимного влияния

элементов. В докладе также приводится структура распределительной системы, показаны конструкции делителей и представлены их частотные характеристики.

Таким образом, в работе показана возможность построения многоэлементных антенн спутниковых телекоммуникационных систем. Разработана модель поляризатора в двумя замедляющими системами в ортогональных плоскостях. Включение второй замедляющей системы для волны Н10 позволяет уменьшить длину излучателя в 2 раза, а также увеличить значение коэффициента эллиптичности в рабочем секторе углов на краях частотного диапазона.

Определены характеристики направленности и частотные характеристики волноводных антенных решеток, обеспечивающих коэффициент эллиптичности не менее 0.7 в секторе углов ±70°.

Modeling of a linear antenna array of radiators based on a small-sized waveguide polarizer with protrusions and a linear partition

Nguyen Dinh To, Ovchinnikova E.V., Trofimova T.A., Kondratieva S.G.
MAI, Moscow, Russia

The report considers the problems of the develop-ment and construction of onboard antenna arrays of commu-nication systems installed on small spacecraft. The variants of constructing antenna systems are considered, which make it possible to overcome the deficiencies and minimize the mass-size characteristics.

At the present stage of development of on-board satellite communication systems, it becomes necessary to improve the constructions and technical characteristics of antennas. The continuous increase in the information capacity of communica-tion channels and the speed of information transmission also contribute to the modernization of antennas used in telecom-munication systems. The most important requirement for antennas is their compactness.

The report provides a model of a waveguide antenna ar-ray with elliptical polarization and a coaxial distribution system. To ensure the operation of the high-speed satellite com-munication system, the antenna array must have a gain of at least 15 dB in the X-band and a high coefficient of ellipticity in the sector of angles ± 70 ° in the azimuthal plane.

In the report, the directional characteristics of the antenna array, consisting of 8 elements operating in the X-band, were determined by numerical electrodynamic modeling. The drectivity characteristics are calculated taking into account the mutual influence of the elements. The report also provides the structure of the distribution system, shows the design of diviers and shows their frequency characteristics.

Thus, the paper shows the possibility of constructing mul-ti- element antennas for satellite telecommunication systems. A model of a polarizer in two slow-wave systems in orthogonal planes has been developed. The activation of the second deceleration system for TE10 wave allows reducing the radiator length by 2 times and increasing the coefficient of ellipticity in the working sector of the angles at the edges of the frequency range.

The directional characteristics and frequency characteris-tics of waveguide antenna arrays, providing the coefficient of ellipticity of at least 0,7 in a sector of angles ± 70°, have been determined.

Алгоритмы компенсации миграции по дальности в короткоимпульсном радиолокаторе с синтезированием апертуры антенны

Охотников Д.А., Шараха Н.А., Герасимов А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В данном докладе было рассмотрено синтезирование апертуры на короткоимпульсном радиолокаторе, а также изучена проблема миграции одной цели по нескольким стробам дальности. Для получения широкого спектра отраженного сигнала, а как следствие хорошего разрешения по дальности, может использоваться модулированный зондирующий импульс, или короткоимпульсный зондирующий сигнал.

Рассмотрена возможность применения алгоритмов устранения миграций между стробами дальности, основанных на генерации двумерной опорной функции при поперечной

согласованной фильтрации РЛИ при работе с короткоимпульсным радиолокатором. Эти алгоритмы позволяют не ограничивать ширину синтезированной апертуры и не увеличивать размер строба по дальности для достижения однозначности отображения цели на РЛИ.

Синтезирование апертуры антенны было произведено на базе короткоимпульсного, сверхширокополосного радиолокатора малой дальности. Данный прибор, был разработан в Московском авиационном институте. Радиолокатор использует зондирующего сигнала - радиоимпульс, длительностью 2 нс с пиковой мощностью 0.5 Вт.

Основными элементами прибора являются антенна, субблок СВЧ, плата обработки, плата питания, дисплей. Антенна используется для излучения зондирующих импульсов и приема отраженных эхо-сигналов.

Субблок СВЧ выполняет функции формирования зондирующего сигнала, передачи его в антенну для излучения, приема отраженного сигнала, преобразования принятого сигнала в цифровой вид. Сигнал после преобразования в цифровой вид поступает в плату обработки.

В плате обработки выполняются алгоритмы синтезирования апертуры и компенсации миграции по дальности. В результате обработки формируется радиолокационное изображение с разрешением 0.3 метра. Полученные результаты передаются для отображения на дисплей или при необходимости через радиоканал по интерфейсу WIFI.

В докладе приведены результаты экспериментов по картографированию короткоимпульсным радиолокатором малой дальности с применением алгоритмов синтезирования апертуры и компенсацией миграций цели по стробам дальности.

Algorithms of distance migration compensation in a short-pulse radar with synthesized antenna aperture

Okhotnikov D.A., Sharakha N.A., Gerasimov A.V.
MAI, Moscow, Russia

In this report, the synthesis of an aperture on a short-pulse radar was considered, and the problem of migration of one target over several range strobs was studied. To obtain a wide spectrum of the reflected signal, and as a consequence of good range resolution, a modulated probing pulse or a short-pulse probing signal can be used.

The possibility of using algorithms for eliminating migrations between range gates based on the generation of a two-dimensional reference function with cross-matched radar filtering when working with a short-pulse radar is considered. These algorithms make it possible not to limit the width of the synthesized aperture and not to increase the size of the strobe in range to achieve unambiguity of the target display on the radar.

The synthesis of the antenna aperture was carried out on the basis of a short-pulse, ultra-wide-band short-range radar. This device was developed at the Moscow Aviation Institute. The radar uses a probing signal - a radio pulse with a duration of 2 ns with a peak power of 0.5 watts.

The main elements of the device are an antenna, a microwave subunit, a processing board, a power board, and a display. The antenna is used to emit probing pulses and receive reflected echo signals.

The microwave subunit performs the functions of forming a probing signal, transmitting it to the antenna for radiation, receiving the reflected signal, converting the received signal into digital form. The signal, after being converted to digital form, enters the processing board.

The processing board performs algorithms for synthesizing the aperture and compensating for migration over the range. As a result of processing, a radar image with a resolution of 0.3 meters is formed. The results obtained are transmitted for display on the display or, if necessary, via a radio channel via the WIFI interface.

The report presents the results of experiments on mapping with a short-pulse short-range radar using algorithms for synthesizing the aperture and compensating target migrations by range gates.

Применение многослойного перцептрона в задаче обнаружения

Пащенко А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

На данный момент, задача обнаружения и распознавания является одной из основных задач в радиолокации. От того, насколько качественно и успешно решены данные задачи зависит очень важный аспект повседневной жизни – безопасность. К сожалению, классические методы и алгоритмы, которые позволяют решать эти задачи, несовершенны и обладают своими недостатками. Отсутствие априорной информации о форме сигнала не позволяет применить для его обнаружения согласованный фильтр или коррелятор и использовать алгоритмы, применяемые в традиционных, узкополосных радарах. Классические алгоритмы обнаружения перестают удовлетворять условию оптимальности в следующих случаях:

Неизвестна форма изначального сигнала;

Изменение траектории движения отслеживаемого объекта;

Частота дискретизации сигнала не удовлетворяет условию теоремы Котельникова.

Создаются всё более новые технологии, позволяющие «обмануть» классические способы радиолокации, например, дроны, обладающие очень низким коэффициентом отражения радиолокационного сигнала, что затрудняет их обнаружение классическими способами.

Одним из вариантов решения данных проблем является технология машинного обучения. Алгоритмы машинного обучения начали разрабатываться во второй половине XX века и получили широкое распространение за последние 20 лет. Они способны решать задачи классификации, детекции и предсказания. Их несомненным плюсом является способность обучаться и перестраиваться под новые задачи и входные данные.

В данной работе рассмотрен подход решения задачи обнаружения с применением искусственной нейронной сети. Описываемая искусственная нейронная сеть представляет собой аналог классического коррелятора и выполняет его функцию. Нейросеть построена на базе многослойного перцептрона с несколькими скрытыми слоями. Функцией активации для выбранной нейросети является сигмоидальная функция. Была разработана имитационная модель нейросети на основе языка C++ с применением библиотеки машинного обучения TinyDNN. Была подготовлена обучающая выборка для исследуемой нейросети и проведён ряд экспериментов с имитацией входного сигнала для проверки работы обученной нейросети.

Результатом выполненной работы является программная модель искусственной нейронной сети, набор данных для обучения нейронной сети, а также документация.

Литература:

1. Свердлов Б.Г., Игонин Д.М., Вылегжанин И.С., Кутина А.В, Пушков А.А., Радиолокационное распознавание БПЛА и орнитологических объектов (птиц) – 2020.

2. Н.П. Богомолов, А.В. Новиков, В.Г. Сидоров. Сопровождение маневрирующей цели с применением искусственных нейронных сетей - Сибирский журнал науки и технологий – 2006.

3. Е.О. Морозова, П.Е. Овчинников, М.Ю. Семенов. Нейросетевая обработка сигналов моноимпульсной локации - Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского – 2013.

4. Д. В. Маршаков. Повышение достоверности нейросетевой классификации радиолокационных объектов - Вестник кибернетики – 2020.

5. Баронин А.М., Демин Д.А., Применение нейронных сетей в современных РЛС - DSPA: ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ – 2017.

6. Юрьев И.А., Фесенко М.В., Колбаско И.В., Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искуссвенной нейронной сети – Патент – 2019.

Application of the multilayer perceptron in the detection problem

Pashchenko A.A.
MAI, Moscow, Russia

At the moment, the task of detection and recognition is one of the main tasks in radar. A very important aspect of everyday life – safety depends on how well and successfully these tasks are

solved. Unfortunately, classical methods and algorithms that allow solving these problems are imperfect and have their own shortcomings. The lack of a priori information about the shape of the signal does not allow using a matched filter or correlator to detect it and using algorithms used in traditional narrowband radars. Classical detection algorithms cease to satisfy the optimality condition in the following cases:

1. The shape of the original signal is unknown;
2. Changing the trajectory of the tracked object;
3. The sampling rate of the signal does not satisfy the condition of the Kotelnikov theorem.

One of the options for solving these problems is machine learning technology. Machine learning algorithms began to be developed in the second half of the 20th century and have become widespread over the past 20 years. They are capable of solving problems of classification, detection and prediction. Their undoubted advantage is the ability to learn and adapt to new tasks and input data.

In this paper, an approach to solving the detection problem using an artificial neural network is considered. The described artificial neural network is an analogue of the classical correlator and performs its function. The neural network is built on the basis of a multilayer perceptron with several hidden layers. The activation function for the selected neural network is the sigmoidal function. A simulation model of a neural network based on the C ++ language was developed using the TinyDNN machine learning library. A training sample was prepared for the studied neural network and a number of experiments were carried out with imitation of the input signal to check the operation of the trained neural network.

The result of the work performed is a software model of an artificial neural network, a data set for training a neural network, as well as documentation.

Широкополосная квазилогопериодическая дипольная антенна для АФАР

Сидоренко С.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Создание многофункциональных бортовых антенных систем (АС) связано с необходимостью выполнения комплекса жёстких требований, предъявляемых как к электрическим характеристикам АС, так и к конструктивным параметрам, включая габариты и массу. Актуальным является разработка широкополосных активных фазированных антенных решеток (АФАР) с широкоугольным сканированием. Требования широкополосности АС, а также необходимость интеграции излучателей с активными и пассивными элементами приёмопередающих модулей вызывает необходимость в качестве излучателей АФАР различные типы печатных элементов [1, 2]

Цель работы – разработка технологического облика широкополосного полотна АФАР на основе квазилогопериодического излучателя.

В работе были проведены строгие электродинамические расчеты широкополосной квазилогопериодической дипольной антенны на основе метода конечных элементов в специальной программной среде. Конструкция излучателя представляет собой многослойную печатную плату, основанием которой является диэлектрическая подложка из материала с $\varepsilon = 6$, на ее поверхности располагаются металлизированные рисунки антенны. Эта антенна состоит из двух параллельных диполей разной длины для получения двух основных резонансов. Расстояние между диполями, ширина микрополосковой линии, а также толщина диэлектрического основания регулируются для уменьшения обратных потерь между резонансами. Исследуемый излучатель отличается простотой и небольшими размерами. Ширина рабочей полосы единичной антенны при этом составляет не менее 80%. Излучатель перспективен для АФАР поскольку обеспечивает стабильную работу в составе антенной решетке в секторе сканирования до ±55°, ширину полосы рабочих частот более 30%, а результаты расчета парциальной ДН не выявили провалов, называемых «углами ослепления».

Литература:

1. Handbook of Antenna Technologies / ed. Z. N. Chen. Springer. Singapore 2016.
2. Kumar G., Ray K.P. Broadband microstrip antennas. Artech House. London. 2003.

Broadband quasilogoperiodic dipole antenna for APAA

Sidorenko S.S.
MAI, Moscow, Russia

The creation of multifunctional on-board antenna systems (AS) is associated with the need to fulfill a set of strict requirements for both the electrical characteristics of the AS and design parameters, including dimensions and weight. The development of broadband active phased array antennas (APAA) with wide-angle scanning is relevant. The requirements of broadband AS access, as well as the need to integrate emitters with active and passive elements of the transceiver modules, necessitate the use of various types of printed elements as APAA emitters [1, 2]

The aim of the work is to develop the technological appearance of the APAA broadband network based on a quasi-periodic emitter.

Rigorous electrodynamic calculations of a broadband quasi-periodic dipole antenna based on the finite element method were carried out in a special software environment. The design of the emitter is a multilayer printed circuit board, the basis of which is a dielectric substrate made of a material with $\varepsilon \approx 6$, on its surface there are metallized directional patterns of antennas. This antenna consists of two parallel dipoles of different lengths to obtain two main resonances. The distance between the dipoles, the width of the microstrip line, as well as the thickness of the dielectric base are adjusted to reduce back losses between resonances. The investigated emitter is characterized by simplicity and small size. The width of the working band of one antenna is at least 80%. The emitter is promising for APAA, since it provides stable operation as part of the antenna array in the scanning sector up to $\pm 55°$, the bandwidth of operating frequencies is more than 30%, and the results of partial calculation of DN did not reveal dips called "blinding angles".

List of sources used

1. Handbook of Antenna Technologies / ed. Z. N. Chen. Springer. Singapore 2016.
2. Kumar G., Ray K.P. Broadband microstrip antennas. Artech House. London. 2003.

Применение методики динамической корректировки ошибок измерительного стенда в АИВК на базе БЭК

Снастин М.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Современные радиотехнические системы, имеющие в своём составе антенны и антенные решётки, требуют повышенной точности проведения испытаний. В последние десятилетия при анализе СВЧ устройств в измерительной технике получили широкое распространение анализаторы цепей – измерители элементов матрицы рассеяния.

Как правило, проводимые антенные измерения не являются статичными. Зачастую при проведении таких измерений требуется обеспечивать относительное перемещение антенн – измерительной и исследуемой. Влияние изменения характеристик измерительного кабеля при его скручивании или изгибах обычно не учитывается в таких измерениях. В данной работе представлен алгоритм динамической корректировки ошибок антенного измерительного стенда, позволяющий учесть влияние измерительного тракта на результаты измерения. Рассматриваемая методика позволяет расширить аппарат традиционной штатной калибровки средства измерения применительно к стендам, где измерительные кабели претерпевают воспроизводимое механическое воздействие – перемещение в пространстве, изгибы, скрутки. Соответствующие корректировки результатов измерений определяются и учитываются на этапе постобработки. Применение такого подхода позволяет повысить точность и улучшить воспроизводимость результатов антенных испытаний. В работе рассматривается алгоритм, основанный на базе SOLT (по названию калибровочных мер: Short, Open, Load, Thru) калибровки.

Предлагаемая методика опробована в ходе экспериментальных исследований на стендах ближнего поля и дальней зоны в измерительном комплексе на базе безэховой экранированной камеры МАИ. Применение динамической калибровки выявило влияние характеристик измерительного стенда на результаты измерений и показало увеличение точности проводимых испытаний при его учёте. Таким образом, предложена методика корректировки

ошибок измерительного стенда, позволяющая учесть изменение характеристик измерительного тракта при систематическом механическом воздействии на него. Представленная методика также может рассматриваться как инструмент для диагностики штатного измерительного тракта.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

Литература:

1. Henze A., Tempone N., Monasterios G. and Silva H. Incomplete 2-port vector network analyzer calibration methods // IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON). (Bariloche, Argentina, June 11-13, 2014). P. 810-815.

2. Rumiantsev A. A review of VNA calibration methods // 38th European Microwave Conference (Amsterdam, Netherlands, Oct. 28-30, 2008). Workshop WMO-3. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://ael.cbnu.ac.kr/lectures/graduate/microwave-cad-and-measurements/lecture-notes/L05-TRL-calibration/ref-4-rumiantsev(08-pt)-VNA calib methods, review.pdf (дата обращения: 02.12.2019).

3. Rumiantsev A., Ridler N. VNA calibration // IEEE Microwave Magazine. 2008. Vol. 9. No. 3. P. 86–99.

4. Ferrero A., Teppati V., Garelli M. and Neri A. A Novel Calibration Algorithm for a Special Class of Multiport Vector Network Analyzers // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. March 2008. Vol. 56. No. 3. P. 693-699.

5. Губа В.Г. Классификация и анализ методов калибровки / В.Г. Губа, А.А. Ладур, А.А. Савин // Доклады ТУСУРа. 2011. № 2 (24). Часть 1. С. 149-155

Implementation of the dynamic error correction in antenna automated measuring and computing complex based on AEC

Snastin M.V.

MAI, Moscow, Russia

Radio engineering systems that include single antennas and antenna arrays require testing procedures with increased accuracy. Over the past decades, meters of the scattering parameters, also known as network analyzers, have become widespread in the analysis of microwave devices properties.

It is often necessary to provide the relative movement between the measuring antenna and the antenna under test (AUT) during a measurement process, so measurements are not static in the general case. The effect of changes in test cable characteristics due to twisting or bending is usually not taken into account in such measurements. This paper presents an algorithm for dynamic calibration of the antennas measurement stand, which allows to eliminate the influence of test cables on measurement results. The method under consideration makes it possible to expand the common calibration of measuring instruments with respect to stands on which test cables are subjected to reproducible mechanical impact – spatial movement, bending and twisting. Corresponding corrections to the measurement results are determined and made at the post-processing stage. This approach improves the accuracy of antenna tests and increases the repeatability of measurements. The paper considers an algorithm based on the SOLT (which stands for Short, Open, Load and Thru calibration standards) calibration.

The proposed technique was applied in the experimental studies on near- and far-field antenna test stands in a measuring and computing complex based on MAI anechoic chamber. The use of dynamic calibration showed the presence of the measuring stand influence on the measurement results and increased the accuracy of the tests carried out when taking it into account. A procedure for calibrating the measuring path is presented, which makes it possible to take into account the change in its characteristics under systematic mechanical impact on it. The presented technique can also be considered as a diagnosis tool for measurement cables of antenna test setup.

The study was supported by state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FSFF-2020-0015.

References:

1. A. Henze, N. Tempone, G. Monasterios and H. Silva, "Incomplete 2-port vector network analyzer calibration methods," 2014 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Bariloche, Argentina, 2014, pp. 810-815.
2. A. Rumiantsev (Oct. 2008). A review of VNA calibration methods. Presented at 38th European Microwave Conf., Workshop WMO-3, Amsterdam, Netherlands. [Online]. Available: http://ael.cbnu.ac.kr/lectures/graduate/microwave-cad-and-measurements/lecture-notes/L05-TRL-calibration/ref-4-rumiantsev(08-pt)-VNA calib methods, review.pdf
3. A. Ferrero, V. Teppati, M. Garelli and A. Neri, "A Novel Calibration Algorithm for a Special Class of Multiport Vector Network Analyzers," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 56, no. 3, pp. 693-699, March 2008.
4. A. Rumiantsev and N. Ridler, "VNA calibration," in IEEE Microwave Magazine, vol. 9, no. 3, pp. 86-99, June 2008.
5. V. Guba, A. Ladur, A. Savin, "Classification and analysis of calibration methods of vector network analyzers," in Proceedings of TUSUR University, 2011, vol. 2 [24], part 1, pp. 149-155.

Алгоритмы увеличения скорости систем передачи данных в авиационных комплексах наблюдения

Шушков А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Современная политическая обстановка отличается неопределенностью и высокой вероятностью применения высокоточной защиты в интересах обеспечения геополитических интересов России и ее союзников за пределами РФ. Опыт применения высокоточной защиты показал, что для разведывательно-информационного обеспечения (РИО) применения высокоточной защиты требуется формирование группы авиационных комплексов наблюдения. На данные авиационные комплексы наблюдения возлагаются задачи поиска и вскрытия стационарных и подвижных целей, определения их местоположения и сопровождение в процессе их движения, «подсветки» целей, контроль результативности обнаружения целей. Решение вышеуказанных задач осуществляется путем заблаговременного формирования группы летательных аппаратов РИО, осуществляющих непрерывный мониторинг заданного района. При этом каждый летательный аппарат оснащается бортовым комплексом наблюдения, включающим в себя средства радио- и радиотехнического наблюдения, радиолокационного и оптико-электронного наблюдения. Особенностью бортового комплекса наблюдения летательных аппаратов является то, что в процессе своего функционирования он формирует значительные информационные потоки, которые могут достигать значений до 600-800 Мбит/с, при этом существующие средства воздушной радиосвязи не позволяют осуществить передачу информационных потоков такого объема. Существующие способы сжатия данных позволяют сжать эти информационные потоки до 50-150 Мбит/с, однако эти значения также превышают возможности существующей каналообразующей аппаратуры систем передачи данных.

Актуальной целью исследования является повышение скорости систем передачи данных авиационных комплексов наблюдения при решении ими задач наблюдения и целеуказания.

Решением данной научной задачи являются следующие научные результаты.

1) Алгоритм рационального использования сигнально-частотного ресурса в системе передачи данных. Данный алгоритм формализует предложения по адаптивной смене сигнально-кодовых комбинаций, используемых в канале передачи данных с авиационного комплекса наблюдения на пункт управления в зависимости от сигнально-помеховой обстановки, складывающейся в зоне барражирования авиационного комплекса наблюдения. Переход от фиксированных к адаптивным сигнально-кодовым комбинациям позволит повысить скорость передачи данных в каждом отдельно взятом логическом канале системы передачи данных.

2) Алгоритм организации многочастотного доступа к системе передачи данных. Данный алгоритм формализует предложения по адаптивному выделению нескольких частных каналов

в системе передачи данных тем авиационным комплексам наблюдения, которые формируют потоки трафика высокой интенсивности.

3) Алгоритм повышения скорости системы передачи данных в авиационных комплексах наблюдения. Данный алгоритм обобщает возможности вышеуказанных алгоритмов, и позволяет при известной интенсивности входных потоков трафика от авиационного комплекса наблюдения произвести поиск необходимого числа частотных каналов n в системе массового обслуживания M/M/n, которые бы позволили передать весь трафик от авиационного комплекса наблюдения с заданными показателями своевременности.

Техническим результатом исследования являются научно-обоснованные технические рекомендации по повышению скорости системы передачи данных, ориентированные на совершенствование протоколов управления доступа абонентов системы передачи данных и распределения ресурсов системы для типовых комплексов связи авиационных комплексов наблюдения.

Algorithms to increase the speed of data transmission systems in aviation surveillance complexes

Shushkov A.V.
MAI, Moscow, Russia

The current political environment is characterized by uncertainty and high probability of application of high-precision defense in the interests of geopolitical interests of Russia and its allies outside the Russian Federation. The experience of application of high-precision defense has shown that for reconnaissance and information support (RIO) of application of high-precision defense it is required to form a group of aviation surveillance complexes. These aerial surveillance complexes are tasked with searching and revealing stationary and mobile targets, determining their location and tracking them during their movement, "highlighting" targets, controlling the effectiveness of target detection. Solution of the above tasks is carried out by early formation of a group of RIO aircraft, carrying out continuous monitoring of the specified area. Each aircraft is equipped with an onboard observation complex, which includes radio, radio-electronic, radar and optoelectronic surveillance equipment. A peculiarity of airborne surveillance complex of aircraft is that in the process of its functioning it generates significant information flows, which can reach values up to 600-800 Mbit/sec, at that existing means of airborne radio communications do not allow to transmit information flows of such volume. Existing data compression methods allow to compress these data streams to 50-150 Mbit / s, but these values also exceed the capacity of existing channel-forming equipment data transmission systems.

The actual purpose of the research is to increase the speed of data transmission systems of aviation surveillance complexes when they solve problems of surveillance and target designation.

The solution to this scientific problem are the following scientific results.

1) Algorithm of rational use of signal-frequency resource in data transmission system. This algorithm formalizes proposals on adaptive change of signal-code combinations used in the channel of data transmission from observation aviation complex to control point depending on signal and interference situation in the barrage zone of observation aviation complex. The transition from fixed to adaptive signal-code combinations will increase the speed of data transmission in each individual logical channel of the data transmission system.

2) Algorithm of organization of multifrequency access to data transmission system. This algorithm formalizes proposals for adaptive allocation of several private channels in the data transmission system to those aircraft surveillance complexes, which form flows of high intensity traffic.

3) Algorithm to increase the speed of the data transmission system in aviation surveillance complexes. This algorithm generalizes the possibilities of the above-mentioned algorithms, and allows the search of the necessary number of frequency channels n in the M/M/n mass-service system, which would allow to transmit all traffic from aerial surveillance complex with the given timeliness indexes at the known intensity of input traffic flows from aerial surveillance complexes.

The technical result of the research is science-based technical recommendations to increase the speed of the data transmission system, focused on the improvement of subscriber access control

protocols of the data transmission system and distribution of system resources for typical communication complexes of aviation observation complexes.

5. Ракетные и космические системы

5. Rocket and space systems

Актуальные вопросы разработки синхронизации сигнала с аппаратуры «Equitest» на миограф при контрольной оценке вертикальной устойчивости человека в условиях длительных пилотируемых космических полетов

Баранов М.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Компьютерная динамическая стабилометрия (КДС) широко используется для оценки контроля измененного баланса. Испытания количественно оцениваются с использованием баллов равновесия (ES), которые варьируются от нуля до 100, как убывающая функция от максимального угла качания. Проблема состоит в том, как лучше всего моделировать и анализировать контроль равновесия. ES часто показывает искаженное распределение в повторных испытаниях, что может привести к неверному выводу.

Компьютерная динамическая стабиолметрия (КДС) – это объективный метод оценки устойчивости позы в статических и динамических условиях и при нарушениях. КДС основан на модели перевернутого маятника, которая отображает взаимосвязь между центром давления (МЦД) и центром тяжести (ЦТ). Мышечная активность - важный компонент нервно-мышечного контроля, влияющий на регуляцию устойчивости позы. Таким образом, цель изучения позного контроля и связанной с ним мышечной активности посредством комбинации КДС и системы поверхностной электромиографии (пЭМГ) состоит в том, чтобы предоставить информацию о координации зрительной, соматосенсорной и вестибулярной систем с регуляцией активации мышц для поддержания устойчивости позы.

Синхронизация –это определение или форсирование порядка событий в сигналах:

• Выборка асинхронных сигналов в синхронной системе
• Передача сигналов между двумя тактовыми доменами
• Асинхронный арбитраж сигналов

Всякий раз, когда синхронизация должна выполняться в ограниченное время, существует некоторая вероятность сбоя. Сложность синхронизации зависит от предсказуемости событий, связанных с местными часами.

• Мезосинхронные системы: часы имеют одинаковую частоту, но не в фазе
• Плезиосинхронные системы: часы имеют почти одинаковую частоту
• Периодические асинхронные системы: часы имеют разные частоты
• Асинхронные системы: нет часов, которые задают переход событий.

Предполагая, что сигналы, которые мы получаем на выходе устройств динамической стабилометрии (Equitest) и электромиографа (ЭМГ), являются периодическими асинхронными сигналами, мы будем использовать эту периодическую асинхронную систему.

Основные задачи данного КЭ составляют:

• Изучение характеристик ответов на возмущения, выводящие тело из состояния равновесия.

• Создать устройство с аналоговыми электронными элементами (резисторы, конденсаторы, микропроцессоры и другие интегральные схемы) для синхронизации сигналов, поступающих от устройства «Equitest» на электромиограф.

Литература:

1. A Statistical Model for Interpreting Computerized Dynamic Posturography Data Alan H. Feiveson*, E. Jeffrey Metter, and William H. Paloski, Member, IEEE.

2. Баранов М.С., «Разработка синхронизации сигнала с Equitest на миограф при оценке вертикальной устойчивости человека до и после космических полётов». Сборник трудов XIII всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара «Аэрокосмическая декада».

Topical issues of the development of synchronization of the signal from the "Equitest" equipment to the myograph in the control assessment of the vertical stability of a person in conditions of long-term manned space flights

Baranov M.S.
MAI, Moscow, Russia

Computer dynamic posturography (CDP) is widely used to assess the control of the changed balance. The tests are quantified using equilibrium scores (ES), which range from zero to 100, as a decreasing function of the maximum swing angle. The problem is how best to model and analyze equilibrium control. ES often shows skewed distribution in repeated tests, which can lead to incorrect conclusions.

Computerized dynamic posturography (CDP) is an objective method for assessing posture stability in static and dynamic conditions and in violation. The CDP is based on the inverted pendulum model, which displays the relationship between the center of pressure (MCP) and the center of gravity (CG). Muscle activity is an important component of neuromuscular control, influencing the regulation of posture stability. Thus, the aim of studying posture control and associated muscle activity through a combination of CDP and surface electromyography (sEMG) is to provide information on the coordination of the visual, somatosensory, and vestibular systems with regulation of muscle activation to maintain postural stability.

Synchronization is defining or forcing the order of events in signals:

- Fetching asynchronous signals in a synchronous system
- Passing signals between two clock domains
- Asynchronous signal arbitration

Whenever synchronization needs to be done at a limited time, there is some chance of failure. The complexity of synchronization depends on the predictability of events associated with the local clock.

- Mesosynchronous systems: clocks have the same frequency, but not in phase
- Plesiosynchronous systems: clocks have almost the same frequency
- Periodic asynchronous systems: clocks have different frequencies
- Asynchronous systems: there is no clock that sets the transition of events.

Assuming that the signals that we receive at the output of dynamic posturography devices (Equitest) and electromyograph (EMG) are periodic asynchronous signals, we will use this periodic asynchronous system.

The main tasks of this space experiment are:

- Study of the characteristics of responses to disturbances that bring the body out of equilibrium.
- Create a device with analog electronic elements (resistors, capacitors, microprocessors and other integrated circuits) for synchronization signals from the Equitest device to the electromyograph.

References:

1. A Statistical Model for Interpreting Computerized Dynamic Posturography Data Alan H. Feiveson *, E. Jeffrey Metter, and William H. Paloski, Member, IEEE.

2. Baranov MS, "Development of signal synchronization from Equitest to the myograph in assessing the vertical stability of a person before and after space flights."Proceedings of the XIII All-Russian Scientific and Technical Student School-Seminar "Aerospace Decade".

Разработка миоэлектростимулятора высоких и низких частот для тренировки мышц человека в дальних космических полетах

Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В условиях микрогравитации происходят нарушения в костно-мышечной системе. Традиционно в орбитальных полетах для профилактики этих изменений используются различные энергетические волновые воздействия [1, 2]. Для тренировки быстрых и медленных мышц на МКС используются два вида электромиостимуляторов: высочастотный и низкочастотный. В условиях длительных полетов в дальний космос за орбиту Земля-Луна возникают жесткие требования по ограничению массы и габаритов всех бортовых систем в том числе и медицинской техники [3].

Предлагается разработка двухчастотного электромиостимулятора для стимуляции сокращения познотонических и антигравитационных мышц (разгибателей колена и стопы) для применения на космических аппаратах для дальнего космоса. Для получения сигналов высоко и низкочастотной стимуляции предлагается разработать двухсигнальный генератор, способный генерировать необходимые импульсы с требуемыми частотами, и коммутирующий узел для переключения частот сигнального генератора. Предполагается, что сигнальный генератор представляет собой источник переменного синусоидального тока высокой несущей частоты 2000 Гц, прерываемого прямоугольными импульсами с низкой частотой 50 Гц и длительностью импульсов 10 секунд. По предварительным оценкам масса и габариты такого электростимулятора уменьшатся примерно в два раза.

Литература:

1. Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С. Анализ параметров ультразвукового излучения для регенерации костной ткани космонавтов в длительных космических полетах // Труды МАИ. – 2017. - № 92. 25 с.

2. Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С. Долговременные космические полеты – использование ультразвука для регенерации поврежденных костных тканей космонавтов. В книге: Авиация и космонавтика – 2017 тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2017. С. 255-257.

3. Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С. Оценка показателей надежности и суммарной эквивалентной массы систем жизнеобеспечения космических полетов в дальний космос. В книге: Авиация и космонавтика – 2019, тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. С. 436-437.

Development of myeolectrostimulator of high and low frequencies for training humas muscles for deep space mission

Belozerova I.N., Kudryavtseva N.S.
MAI, Moscow, Russia

Under microgravity conditions, disorders occur in the musculoskeletal system. Traditionally, in orbital flights to prevent these changes, various energy wave effects are used [1, 2]. To train fast and slow muscles on the ISS, two types of electromyostimulators are used: high-frequency and low-frequency devices. In the conditions of long-term missions into deep space beyond the Earth-Moon orbit, strict requirements arise for limiting the mass and dimensions of all onboard systems, including medical equipment [3].

It is proposed to develop a dual-frequency electromyostimulator to stimulate the contraction of the postural and antigravity muscles (knee and foot extensors) for use on spacecraft for deep space. To obtain signals of high and low frequency stimulation, it is proposed to develop a two-signal generator capable of generating the necessary pulses with the required frequencies, and a switching unit for switching the frequencies of the signal generator. It is assumed that the signal generator is a source of alternating sinusoidal current with a high carrier frequency of 2000 Hz, interrupted by rectangular pulses with a low frequency of 50 Hz and a pulse duration of 10 seconds. According to preliminary estimates, the mass and dimensions of such an electrostimulator will be approximately halved.

References:

1. Belozerova I.N., Kudryavtseva N.S. Analysis of Ultrasound Parameters for a Spaceman Bone Tissue Regeneration During Long-Term Space Missions // Trudy MAI. 2017. # 92. P. 25.

2. Belozerova I.N., Kudryavtseva N.S. Long Term Space Missions - Application of Ultrasound for Regeneration of the Cosmonaut Injured Bone Tissue. In the book: Aviation and Cosmonautics – 2017, theses. Moscow Aviation Institute (National Research University). 2017. P. 255-257.

3. Belozerova I.N., Kudryavtseva N.S. Assessment of Reliability and Total Equivalent Mass Metrics of Life Support Systems for Space Flights Deep Space. In the book: Aviation and Cosmonautics – 2019, theses. Moscow Aviation Institute (National Research University). 2019. P. 436-437.

Анализ использования радиационного теплообменника гибридной структуры в системах теплового режима космических аппаратов

Белявский А.Е., Сорокин А.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Основными требованиями, предъявляемыми к системам терморегулирования космических аппаратов для многолетних продолжительных полетов, являются высокая надежность, минимальные масса и энергопотребление. Наибольший вклад в массу систем теплового режима (СТР) вносит радиационный теплообменник (РТО), располагаемый на внешней поверхности космического аппарата (КА) или на выносных панелях [1,2]. В открытом космосе трубки с теплоносителем РТО подвержены опасности пробоя метеорными частицами естественного и искусственного происхождения, что может привести к разгерметизации наружного гидравлического контура. В настоящее время на КА применяются РТО на тепловых трубах, имеющие меньшую метеорную уязвимость, повышенную эффективность радиационной поверхности, но более высокую удельную массу по сравнению с характеристиками конвективных РТО [3].

Рассмотрена конструкция гибридного РТО с высокой эффективностью рабочей поверхности, что позволяет отказаться от тепловых труб и существенно снизить его массу. Приводится предварительный анализ теплового режима и проектных параметров излучающей панели РТО, а также оценка его массовых и надежностных характеристик.

Верхняя пластина представляет собой панель из алюминия с наружным излучающим слоем. Нижняя пластина является гибридной графитовой структурой, состоящей из пакета графитовых пленок. Пластины фиксируются клеевым соединением. Гибридная графитовая структура обладает существенной анизотропией в коэффициенте теплопроводности. Теплопроводность в плоскости пакета превышает теплопроводность в перпендикулярном (внеплоскостном) направлении более чем в 300 раз и составляет 1500 Вт/(мК). Теплопроводность во внеплоскостном направлении составляет 5 Вт/(мК).

Литература:

1. Кудрявцева Н.С. Основы проектирования эффективных систем термо-регулирования космических аппаратов. – М.: Изд-во МАИ. – 2012. – 228 с.

2. Malozemov V.V., Kudriavtseva N.S., Alekseev V.A. Joint optimization of the thermal control system and cooled instruments characteristics // SAE Paper № 941376. - 24th SAE International Conference. - 20-23 June 1994. - Friedrichshafen, Germany.

3. Белявский А.Е., Новиков С.В., Сорокин А.Е., др. Анализ использования тепловых аккумуляторов в системах обеспечения теплового режима космических аппаратов // СТИН. – 2019. - № 1. – С. 11-14.

Analysis of the use of a hybrid structure radiation heat exchanger in spacecraft thermal regime systems

Belyavsky A.E., Sorokin A.E.
МАИ, Moscow, Russia

The main requirements for spacecraft thermal control systems for long-term long-term flights are high reliability, minimal weight and energy consumption. The greatest contribution to the mass of thermal regime systems is made by a radiation heat exchanger (RTO) located on the outer surface of the spacecraft (SC) or on remote panels[1,2]. In outer space, the tubes with the RTO coolant are subject to the risk of breakdown by meteor particles of natural and artificial origin, which can lead to depressurization of the external hydraulic circuit. Currently, the spacecraft uses RTOS on heat pipes that have a lower meteor vulnerability, increased radiation surface efficiency, but a higher specific mass compared to the characteristics of convective RTOS [3].

The design of a hybrid RTO with a high efficiency of the working surface is considered, which makes it possible to abandon heat pipes and significantly reduce its weight. A preliminary analysis of the thermal regime and design parameters of the radiating panel of the ORTHO is given, as well as an assessment of its mass and reliability characteristics.

The upper plate is a panel made of aluminum with an outer radiating layer. The bottom plate is a hybrid graphite structure consisting of a package of graphite films. The plates are fixed with an adhesive joint. The hybrid graphite structure has a significant anisotropy in the thermal conductivity coefficient. The thermal conductivity in the plane of the package exceeds the thermal conductivity in the perpendicular (out-of-plane) direction by more than 300 times and is 1500 W/(mK). The thermal conductivity in the out-of-plane direction is 5 W/(mK).

References:

1. Kudryavtseva N. S. Fundamentals of designing effective thermal control systems for spacecraft. - M.: Publishing house of MAI. - 2012–228 p.

2. Malozemov V.V., Kudriavtseva N.S., Alekseev V.A. Joint optimization of the thermal control system and cooled instruments characteristics // SAE Paper № 941376. - 24th SAE International Conference. - 20-23 June 1994. - Friedrichshafen, Germany.

3. Belyavsky A. E., Novikov S. V., Sorokin A. E., et al. Analysis of the use of thermal accumulators in systems for ensuring the thermal regime of spacecraft / / STIN. - 2019. - No. 1. - pp. 11-14.

Метод расчёта на герметичность фланцевого соединения трубопроводов с Z-образным металлическим уплотнением при воздействии внешней осевой силы

Бойков А.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Наиболее распространённой проблемой фланцевых соединений трубопроводов является обеспечение их герметичности в течение функционирования. В то же время неприемлемым является проектирование конструкций фланцевых соединений слишком прочных и тяжёлых, поскольку это может привести к увеличению нагрузок, действующих на летательный аппарат. Поэтому, необходим метод расчёта на герметичность. Рассматривается соединение с Z-образным уплотнением на этапе нагружения внешней осевой силой. Задача заключается в получении соотношений, позволяющих рассчитать приращение контактного давления между кромкой уплотнения и поверхностью фланца. Это позволит рассчитать суммарное контактное давление и использовать его в расчёте на герметичность соединения с помощью теории эквивалентного пористого слоя Козени-Кармана. Фланцы и уплотнение рассматриваются как кольца большой кривизны и моделируются с помощью теории осесимметричной деформации колец К.Б. Бицено. Задача решается посредством использования системы уравнений равновесия фланцев и уравнения совместности перемещений точек конакта уплотнения и фланцев. Силовое влияние трубы на фланец учтено посредством системы уравнений совместности перемещений общего сечения фланца и трубы. Перемещения трубы выражены с помощью моментной теории оболочек, перемещения фланца выражены с помощью теории осесимметричной деформации колец К.Б. Бицено. В результате получен универсальный метод расчёта на герметичность, который является более удобным по сравнению с соотношениями, полученными с помощью теории осесимметричных тонких пластин, применённой к фланцам, поскольку многие фланцы в объектах техники не могут моделироваться как осесимметричные тонкие пластины из-за их конструкций.

Tightness analysis method for flange connection of pipes with metal Z-shape seal during the influence of external axial force

Boikov A.A.

MAI, Moscow, Russia

The most common problem in flange connections of pipes is to ensure their tightness during the functioning. At the same time it is unacceptable to design constructions of flange connections too strong and heavy, because it can lead to increasing of loads, acting on a flying vehicle. That’s why it is necessary to have a method of tightness analysis. Connection with Z-shape seal is estimated during the phase of loading by external axial force. The problem is – to obtain relations, which allows to calculate increment of contact pressure between edge of the seal and surface of flange. It allows to calculate total contact pressure and use it in tightness analysis of connection by means of Kozeni-Karman’s theory of equivalent porous layer. Flanges and seal are estimated as rings with high

curvature and modeled by means of theory of axisymmetric deformation of rings of K.B. Bitseno. Problem is solved by using of system of equilibrium equations of flanges and equation of displacements' compatibility of contact points of flanges and seal. Force influence of the pipe on flange was taken into consideration by means of using of system of equations of displacements' compatibility of common section of flange and pipe. Displacements of pipe are estimated by means of moment theory of shells, displacements of flange are estimated by means of theory of axisymmetric deformationof rings of K.B. Bitseno. As a result, universal tightness analysis method was obtained, which can be more useful in this case, in comparison with relations, obtained by means of theory of axisymmetric thin plates, applied to flanges, because a lot of flanges in vehicles can't be modeled as axisymmetric thin plates because of their constructions.

Космический эксперимент по поиску распадов арионов и аксионов в магнитном поле Земли

[1]Гавриш О.Н., [1]Денисова И.П., [2]Денисов В.И., [1]Эйниев Эльчин
[1]МАИ, [2]МГУ, г. Москва, Россия

Поиск различных элементарных частиц и изучение их свойств являются одними из важнейших задач теоретической и экспериментальной физики. Долгое время одной из таких задач был поиск бозона, предсказанного Хиггсом.

В настоящее время этот бозон открыт в ходе недавних экспериментов на Большом Адронном Коллайдере.

Теперь в теоретической физике возник интерес к проблеме существования голдстоуновских бозонов: ариона – строго безмассовой частицы и аксиона – массивной частицы. Поиск этих частиц в настоящее время идет не только в экспериментах на ускорителях и в лабораторных оптических экспериментах, но может происходить и с помощью аппаратуры, установленной на околоземных космических аппаратах.

Высокоэнергичные аксионы и арионы в магнитном поле Земли, вследствие эффекта Примакова, должны распадаться на фотоны рентгеновского или даже гамма диапазонов. Так как ожидаемый поток таких фотонов предполагается малым, то их детектирование аппаратурой, находящейся на поверхности Земли, оказывается неэффективным и возможно только средствами внеатмосферной астрономии: необходимо использовать рентгеновские и гамма – телескопы, установленные на высокоапогейных космических аппаратах.

Специфика этого космического эксперимента такова, что рабочий участок траектории космического аппарата должен находиться вне радиационных поясов Земли, но вместе с тем апогей этого аппарата должен быть в области околоземного пространства, где магнитное поле Земли обеспечивает достаточно высокую вероятность распада арионов и аксионов на рентгеновские и гамма кванты.

Тем не менее, эти требования к орбите космического аппарата не являются чрезмерно жесткими, и в настоящее время предлагаемый космический эксперимент может быть осуществлен как самостоятельно, так и в качестве попутной нагрузки.

Space experiment to search for decays of arions and axions in the Earth's magnetic field

[1]Gavrish O.N., [1]Denisova I.P., [2]Denisov V.I., [1]Einiev E.T.
[1]MAI, [2]MSU, Moscow, Russia

The search for various elementary particles and the study of their properties are one of the most important tasks of theoretical and experimental physics.

For a long time, one such problem was the search for the Higgs predicted boson.

This boson is currently discovered in recent experiments at the Large Hadron Collider.

Now in theoretical physics, interest has arisen in the problem of the existence of Goldstone bosons: arion – a strictly massless particle and axion – a massive particle. The search for these particles is currently under way not only in experiments at accelerators and in laboratory optical experiments, but can also be carried out with the help of equipment installed on near-earth spacecraft.

High-energy axions and arions in the Earth's magnetic field, due to the Primakov effect, should decay into photons of the X-ray or even gamma ranges. Since the expected flux of such photons is

assumed to be small, their detection by equipment located on the Earth's surface turns out to be ineffective and is possible only by means of extra-atmospheric astronomy: it is necessary to use X-ray and gamma telescopes installed on high-apogee spacecraft.

The specificity of this space experiment is such that the working section of the trajectory of the spacecraft should be outside the radiation belts of the Earth, but at the same time the apogee of this spacecraft should be in the region of near-Earth space, where the Earth's magnetic field provides a sufficiently high probability of the decay of arions and axions into X-ray and gamma quanta.

Nevertheless, these requirements for the orbit of the spacecraft are not overly stringent, and at present the proposed space experiment can be carried out both independently and as a passing load.

Влияние космической деятельности на почвенный покров на территории космодромов

Гусилетов А.А., Верховская Е.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Растущая активность космической деятельности значительно повысила глобальные сочетанные риски антропогенного воздействия на биосферу и околоземную космическую среду, что связано с потребностью в активном освоении околоземного космического пространства.

В докладе авторами исследовалась статистика экологических рисков космической деятельности при эксплуатации ракетно-космической техники на территориях космодромов.

Основными опасными факторами, приводящими к ухудшению экологической обстановки, являются стартовые площадки, хранилища компонентов ракетного топлива, службы обеспечения, обслуживания и логистики космической техники. Необходимо отметить, что даже без учета возможных нештатных ситуаций экологические риски достаточно высоки как при наземном обслуживании, так и при осуществлении запуска ракет-носителей.

Особое внимание авторы уделяют анализу экологических рисков изменения почвенного слоя при наземном обслуживании космической техники и эксплуатации действующего космодрома.

В данной работе отмечается, что основными источниками повышенной экологической опасности являются не только комплекс технических служб космодрома, но и обширные территории, над которыми проходят траектории полета космических аппаратов, на которые возможны падения отделяемых частей ракет-носителей с остатками ракетного топлива. Вследствие этого комплексное загрязнение сред высокоопасными химическими, физическими, механическими компонентами геотехнических систем космодромов приводит к деградации почв и ухудшению качества природной среды больших территорий.

В результате проведенного анализа в данной работе представлены предпочтительные направления развития эко-инноваций с использованием природных сорбентов, и научного поиска природоподобных технологий, позволяющих существенно снизить негативное воздействие на почвенный покров территорий в непосредственной близости к действующему космодрому и траекториям запуска ракет-носителей.

Литература:

1. Автухович И.Е. Индуцированная фиторемедиация как экстенсивный метод
восстановления загрязненных почв и грунтов//Агрохимический вестник, 2010, №2.– С.39-40.

2. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Новиков С.В., Введение в экологию аэрокосмической отрасли. Учебник.-/Калуга: Издательство «Эйдас», 2016. - 320с.

3. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Метеко Л.Б., Замковой А.В., Мыльник А.В., Экологические основы кластерной стратегии в аэрокосмической отрасли:Монография – М.:Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2020.-295с.

4. Голов Р.С., Метечко Л.Б., Мыльник А.Е., Сорокин А.Е. Экологическая инноватика - современный подход к решению глобальной проблемы человечества//Экономика и управление в машиностроении. 2016.№6. С.22-29.

5. И. М. Ващенко, К.А. Миронычев, В. С. Коничев. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии. Учебное пособие. // М.: Прометей, 2013. – 174 с.

6. Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на окружающую природную среду: справ. пособие/ под общ. ред. В. В. Адушкина, С. И. Козлова, А. В. Петрова. М.: Изд-во «Анкил», 2000. 640 с.

The impact of space activities on the soil cover on the territory of cosmodromes

Gusiletov A.A., Verkhovskaya E.A.
MAI, Moscow, Russia

The growing activity of space activities has significantly increased the global combined risks of anthropogenic impact on the biosphere and the near-Earth space environment, which is associated with the need for active exploration of near-Earth space.

In the report, the authors investigated the statistics of environmental risks of space activities during the operation of rocket and space technology on the territories of cosmodromes.

The main dangerous factors leading to the deterioration of the environmental situation are launch pads, storage of rocket fuel components, support services, maintenance and logistics of space technology. It should be noted that even without taking into account possible emergency situations, environmental risks are quite high both during ground handling and during the launch of launch vehicles.

The authors pay special attention to the analysis of environmental risks of changes in the soil layer during ground maintenance of space technology and operation of the existing cosmodrome.

In this paper, it is noted that the main sources of increased environmental danger are not only the complex of technical services of the cosmodrome, but also the vast territories over which the flight paths of spacecraft pass, on which separable parts of launch vehicles with remnants of rocket fuel may fall. As a result, complex pollution of environments with highly hazardous chemical, physical, mechanical components of geotechnical systems of cosmodromes leads to soil degradation and deterioration of the quality of the natural environment of large territories.

As a result of the analysis, this paper presents the preferred directions for the development of eco-innovations using natural sorbents, and the scientific search for nature-like technologies that can significantly reduce the negative impact on the soil cover of territories in close proximity to the operating cosmodrome and launch trajectories of launch vehicles.

References:

1. Autukhovich I.E. Induced phytoremediation as an extensive method
of restoration of polluted soils and soils//Agrochemical Bulletin, 2010, No. 2.- pp.39-40.

2. Metechko L.B., Sorokin A.E., Novikov S.V., Introduction to the ecology of the aerospace industry. Textbook.-/Kaluga: Publishing House "Eidas", 2016. - 320s.

3. Golov R.S., Sorokin A.E., Meteko L.B., Zamkovoy A.V., Mylnik A.V., Ecological foundations of cluster strategy in the aerospace industry:Monograph - M.: Publishing and Trading Corporation "Dashkov & Co.", 2020.-295s.

4. Golov R.S., Metechko L.B., Mylnik A.E., Sorokin A.E. Ecological innovation - a modern approach to solving the global problem of mankind//Economics and management in mechanical engineering. 2016.No.6. pp.22-29.

5. I. M. Vashchenko, K.A. Mironychev, V. S. Konichev. Fundamentals of soil science, agriculture and agrochemistry. Study guide. // Moscow: Prometheus, 2013– - 174 p.

6. Environmental problems and risks of the impact of rocket and space technology on the environment: reference. stipend/ under the general editorship of V. V. Adushkin, S. I. Kozlov, A.V. Petrov. M.: Publishing house "Ankil", 2000. 640 p.

Системная формализация задачи многокритериальной оптимизации аэрокосмических систем

Дьячук А.К., Бобронников В.Т.
МАИ, г. Москва, Россия

При проектировании аэрокосмической системы (АКС) разработчик сталкивается с проблемой выбора облика системы или ее подсистем из множества предлагаемых

альтернативных вариантов, учитывая различные показатели эффективности системы и заданные ограничения.

В простейшей ситуации такой выбор осуществляет лицо, принимающее решение (ЛПР) субъективно, опираясь на свой профессиональный опыт и индивидуальные предпочтения.

Выбранный вариант может оказаться строго оптимальным (доминирующим), если при этом варианте (альтернативе) все частные показатели эффективности АКС оказались наилучшими по сравнению с их значениями для всех других вариантов из рассматриваемого множества альтернатив и выполняются все ограничения.

Однако отыскание доминирующей альтернативы АКС - редкое событие в инженерной практике. Чаще ЛПР вынужден ограничиваться выбором рационального (компромиссного) варианта облика АКС из предложенного множества альтернатив, согласившись с потерями в отдельных или даже во всех частных показателях эффективности системы.

В настоящее время задача многокритериального выбора рациональной альтернативы АКС, как правило, решается ЛПР с использованием системы поддержки принимаемых решений (СППР). При использовании СППР ЛПР заменяется его модельным аналогом, обычно называемым методом многокритериальной оптимизации (ММО), а непосредственное участие ЛПР в процессе принятия решения сокращается до выбора ММО из числа доступных методов, или создания нового метода, а также задания значений параметров выбранного метода.

Иными словами, выбирая ММО или разрабатывая новый метод, ЛПР «делегирует» свою шкалу предпочтений избранному или создаваемому им методу.

Общим свойством всех ММО является замена векторного критерия эффективности системы некоторым «эквивалентным» скалярным критерием.

Такая «скаляризация» векторного критерия позволяет находить обоснованную количественно компромиссную альтернативу облика АКС автоматически с помощью методов математического программирования.

Но любая модель всегда является приближенным целевым аналогом реальной системы [1]. Это свойство распространяется и на любой метод многокритериальной оптимизации [2] как модель ЛПР, замещающую его на этапе выбора метода. Здесь, как и при построении любой модели, должен быть обеспечен некоторый компромисс между сложностью ММО и его адекватностью, т.е. соответствием предпочтениям ЛПР.

Компромиссное решение, найденное посредством выбранного ММО, может быть проанализировано и пересмотрено ЛПР. Такой пересмотр может заключаться в коррекции состава или значений параметров применяемого метода, или даже в его замене каким-либо иным.

Поэтому СППР, реализующая решение задачи многокритериальной оптимизации АКС, должна обеспечивать: расчет частных показателей эффективности предлагаемых альтернативных вариантов построения системы, выбор и задание параметров ММО, решение задачи оптимизации выбранным методом, возможность дополнительного углубленного анализа и пересмотра полученного решения и применяемого ММО в режиме интерактивного диалога с ЛПР.

Приводятся технические примеры, иллюстрирующие предлагаемую в докладе формализацию обсуждаемой проблемы.

Литература:

1. Бобронников В.Т, Системный анализ в инженерных исследованиях.
Учебное пособие. – М.: Издательство МАИ, 2018. – 144 с.: ил.

2. Медынский М.М., Дьячук А.К. Численные методы оптимизации с использованием системы MAPLE. Учебное пособие. – М.: МАИ–ПРИНТ, 2009. – 288 с.: ил.

A systems approach to formalization the problem of multiobjective optimization of aerospace systems

Diyachuk A.K., Bobronnikov V.T.
MAI, Moscow, Russia

When an aerospace system (ASS) is designing, the developer is faced with the problem of choosing the configuration and design parameters of a system from a variety of proposed alternatives, taking into account various criteria of the system's efficiency and specified constraints.

In the simplest situation, such a choice is made by the decision-maker (DM) subjectively, based on his professional experience and individual preferences.

The chosen option can be strictly optimum (dominant), if in this option (the system's alternative) all of the considered indicators of the ASS efficiency are the best compared to their values for all other variants from the set of alternatives under consideration and all constraints are satisfied.

However, inventing a dominating ASS alternative is rare event in engineering practice. More often DM is forcibly restricted by sampling of a reasonable (compromise) ASS conceptualization alternative from the offered set of alternatives, reconciling with losses in some or even in all system's particular efficiency indicators.

At present, the problem of multicriteria choice of a reasonable ASS alternative, as a rule, is solved by DM by means of a decisions support system (DSS).

When using of DSS, DM is replaced by his model analog, usually called the multiobjective optimization method (MOM), and his direct participation in the decision-making process is reduced to the MOM selection from available methods, or a new method creating, as well as setting values of the selected method parameters.

In other words, choosing a MOM or developing a new method, DM "delegates" his scale of preferences to the selected or created method.

The common property of all MOMs is the replacement of the system vector efficiency criterion with some "equivalent" scalar criterion.

Such "scalarization" of the vector criterion allows obtaining the quantitatively justified ASS compromise alternative automatically using mathematical programming methods.

But any model always is the approximate target analogue of a real system [1].

This peculiarity is spread also to any multicriteria optimization method [2] as a DM's model replacing him at the method selection stage. Here, as well as at the construction of any model, a certain compromise must be ensured between MOM's complexity and its adequacy, i.e. in compliance with to DM's preferences.

The compromise solution found by means of chosen MOM, can be analyzed and revised by DM. This revision may consist in correction of the applied method values or parameters set, or even a MOM replacement with some other.

Therefore, a DSS, which implements the ASS multicriteria optimization problem solution, should provide for: partial efficiency criteria estimation for the suggested system alternative variants, choice and assignment of MOM parameters, the optimization problem solution by the selected method, the possibility of additional in-depth analysis and revision of the obtained solution and applied MOM during the interactive dialogue between the DSS and the decision-maker.

Technical examples illustrating the discussed problem formalization are given.

References:

1. Bobronnikov V. T. Systems analysis in engineering researches. Tutorial. – Moscow: MAI Publishing house. 2018. - 144 p.

2. Medynskiy M.M., Diyachuk A.K. Numerical optimization methods using the Maple 11 system. – Moscow.: MAI-Print. 2009. - 288 p.

Результаты исследований и разработки эффективных конструкций и методов расчета гидротрансформаторов транспортных средств специального назначения

Ерусланкин С.А.
МАДИ, г. Москва, Россия

Объектом исследований являются гидротрансформаторы типа П-400 систем перспективных моделей самоходных транспортных средств специального назначения.

Цель работы – разработка метода синтеза гидротрансформаторов (ГДТ) с оптимальными конструктивными параметрами.

В ходе исследований разработаны программы расчетов и определены сочетания оптимальных параметров гидротрансформаторов, обеспечивающие минимальную себестоимость единицы продукции машины.

По результатам выполненных исследований сделаны следующие основные выводы.

1. Оценка устойчивости математической модели и статистическая оценка возможности ее использования при определении интегральных показателей качества системы со случайным нагружением подтвердили правомочность использования модели для анализа и синтеза систем приводов транспортных средств специального назначения, оснащенных гидротрансформаторами.

2. Состояние ГДТ в процессе функционирования в каждый момент времени определяется как минимум 16-ю показателями качества, значения которых зависят от величин 70-80 взаимовлияющих конструктивных параметров гидропередачи. Наибольшее влияние на показатели качества и эффективности ГДТ оказывают параметры лопастных колес, и в первую очередь, выходные углы лопастей, которые влияют минимум на 14 показателей качества.

Существенное влияние на показатели качества оказывают также радиусы колес; моменты инерции звеньев; входные углы лопастей колес, жесткости валопроводов узлов насосного и турбинного колес.

3. В результате исследований по оптимизации конструктивных параметров серийных и перспективных ГДТ рекомендуется:

а) проверить в эксплуатационных условиях целесообразность уменьшения диаметров входного и выходного валов ГДТ до 0,08 м. Это позволит снизить металлоемкость ГДТ и при небольшом увеличении длины шлиц в сочетании с закалкой током высокой частоты обеспечит заданный ресурс работы гидротрансформатора;

б) изменить параметры лопастной системы ГДТ в соответствии с рекомендациями исследования. Это позволит расширить диапазон экономичной работы гидротрансформатора по сравнению с серийным вариантом.

Results of research and development of effective constructions and calculation methods of hydraulic transformers of vehicles of special purpose

Eruslankin S.A.
MADI, Moscow, Russia

The object of research is torque converters of the P-400 type for systems of promising models of self-propelled vehicles for special purposes.

The purpose of this work is to develop a method for the synthesis of torque converters (HDT) with optimal design parameters.

In the course of the research, calculation programs were developed and combinations of the optimal parameters of the torque converters were determined, which ensure the minimum cost per unit of production of the machine.

Based on the results of the studies performed, the following main conclusions were drawn.

1. Assessment of the stability of the mathematical model and a statistical assessment of the possibility of its use in determining the integral quality indicators of a system with random loading confirmed the validity of using the model for the analysis and synthesis of drive systems for special-purpose vehicles equipped with torque converters.

2. The state of the gas turbine engine in the process of operation at each moment of time is determined by at least 16 quality indicators, the values of which depend on the values of 70-80

interdependent design parameters of the hydraulic transmission. The parameters of the impellers, and, first of all, the outlet angles of the blades, which affect at least 14 quality indicators, have the greatest influence on the quality and efficiency indicators of the gas turbine engine.

The radii of the wheels also have a significant impact on the quality indicators; moments of inertia of links; input angles of wheel blades, stiffness of shafting of pump and turbine wheel assemblies.

3. As a result of studies to optimize the design parameters of serial and prospective gas turbine engines, it is recommended:

a) check in operating conditions the feasibility of reducing the diameters of the input and output shafts of the gas turbine engine to 0.08 m. This will reduce the metal consumption of the gas turbine engine and, with a slight increase in the length of the spline, in combination with high-frequency current hardening, will provide the specified service life of the torque converter;

b) change the parameters of the bladed system of the gas turbine engine in accordance with the recommendations of the study. This will expand the range of economical operation of the torque converter compared to the serial version.

Совершенствование технологии сборки экспериментальной установки для вибродинамических испытаний опытных образцов ракет-носителей

Загидуллин Р.С., Родионов Н.В.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Качество ракетно-космической техники (РКТ) во многом определяется качеством технологических процессов сборки и испытаний. Но каждый летательный аппарат не может быть испытан запуском, поэтому высокая степень надежности РКТ обеспечивается системой имитационных испытаний на специально спроектированных испытательных стендах с помощью специальной технологической оснастки [1].

Одними из важных стендовых испытаний являет вибродинамические испытания (ВДИ) при наземной экспериментальной отработке опытных образцов РКТ с использованием стендов, имитирующих эксплуатационные условия и штатное взаимодействие со смежными системами: имитация вибрационных нагрузок при различных видах транспортировки (автомобильная, авиационная, железнодорожная), имитация вибрационных нагрузок двигательной установки и другие.

Для реализации проведения ВДИ опытных образцов РКТ необходимо обеспечить сборку экспериментальной установки (ЭУ), основными составными частями которой являются: опытный образец, вибростенд, испытательная оснастка, механо-технологическое оборудование, система управления, система измерения и анализа данных. Необходимо отметить, что процесс сборки ЭУ для ВДИ опытных образцов РКТ довольной трудоемкий и сложный, даже незначительно нарушение одного из пунктов технологии сборки ЭУ может привести к аварийным ситуациям в процессе подготовки к испытаниям или искажению результирующих данных. Поэтому при разработке технологии сборки ЭУ для ВДИ крайне важно проводить анализ рисков и потенциальных несоответствий процесса (PFMEA).

Проведено совершенствование технологии сборки ЭУ для ВДИ опытных образцов ракет-носителей на основе PFMEA-анализа. Результатами проведения PFMEA-анализа стала разработка мероприятий, направленные на повышение качества технологии сборки ЭУ: разработка и применения системы расчаливания во время проведения испытаний, применение дополнительных упоров и тросов в процессе сборки ЭУ, введение контроля усилия момента затяжки болтов такелажных кронштейнов опытного образца во время такелажно-монтажных работ.

Благодаря разработанным мероприятиям обеспечивается снижение рисков аварийных ситуаций во время сборки ЭУ и рисков искажения результирующих данных после проведения испытаний.

Литература:

1. Загидуллин Р.С., Баринов П.В., Буркова В.А., Глушков С.В., Митрошкина Т.А. Современные методы улучшения качества проектирования специальной технологической

оснастки для испытаний сборочно-защитного блока научно-энергетического модуля // Качество и жизнь. 2019. № 2(22). С. 44-53.

Improving the assembly technology of an experimental installation for vibrodynamic testing of prototypes of launch vehicles

Zagidullin R.S., Rodionov N.V.
Samara University, Samara, Russia

The quality of rocket and space technology is largely determined by the quality of assembly and testing processes. But every aircraft cannot be tested by launch, therefore, a high degree of reliability of rocket and space technology is ensured by a system of simulation tests on specially designed test benches using special technological equipment.

One of the important bench tests is vibrodynamic tests during ground experimental development of prototypes of rocket and space technology using stands simulating operating conditions and standard interaction with adjacent systems: simulation of vibration loads for various types of transportation (automobile, aviation, railway), simulation of vibration loads propulsion system and others.

To carry out vibrodynamic tests of prototypes of rocket and space technology, it is necessary to ensure the assembly of an experimental setup, the main components of which are: a prototype, a vibration stand, test equipment, mechanical and technological equipment, a control system, a system for measuring and analyzing data. It should be noted that the process of assembling an experimental installation for vibrodynamic tests of prototypes of rocket and space technology is rather laborious and complex, even a slight violation of one of the points of the assembly technology of an experimental installation can lead to emergency situations in the process of preparing for testing or distortion of the resulting data. Therefore, it is extremely important to conduct a Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA) when developing a technology for assembling an experimental setup for vibrodynamic testing.

The technology of assembling an experimental setup for vibrodynamic testing of prototypes of launch vehicles has been improved on the basis of PFMEA analysis. The results of the PFMEA-analysis were the development of measures aimed at improving the quality of the assembly technology of the experimental setup: the development and application of a bracing system during the tests, the use of additional stops and cables during the assembly of the experimental setup, the introduction of the control of the tightening torque of the bolts of the rigging brackets of the prototype during time of rigging and assembly works.

Thanks to the developed measures, it is possible to reduce the risks of accidents during the assembly of the experimental setup and the risks of distorting the resulting data after testing.

References:

1. Zagidullin R.S., Barinov P.V., Burkova V.A., Glushkov S.V., Mitroshkina T.A. Modern methods of improving the quality of design of special technological equipment for testing the assembly-protective block of the scientific and energy module // Quality and Life. 2019. No. 2 (22). Pp 44-53.

Наземная подготовка космонавтов с использованием специальных технических средств – один из методов обеспечения безопасности пилотируемых космических полётов

Кикина А.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Обеспечением безопасности при выполнении различного рода операций в условиях космического полёта является разработка и реализация специальных мер предупреждения возникновения аварийных ситуаций или снижение ущерба от них [1]. Разработка мер осуществляется на основе большого практического опыта наземных испытаний космической техники и наземной подготовки экипажей к космическим полётам.

Один из факторов опасности в космическом полёте – это деятельность экипажа (ошибки в процессе подготовки и выполнения операций, приводящие к аварийным ситуациям). Для

ликвидации этого фактора в космическом полёте необходима тренировка человека на тренажёрах на Земле. Для этого предлагается использовать один из тренажёров – имитатор планетохода.

Имитатор планетохода представляет собой движущуюся модель на электрической тяге. Управление движущимся средством осуществляется в одном из двух режимов скорости за счёт рукоятки (джойстика) под правую руку оператора, опирающуюся на правый подлокотник кресла. Джойстик имеет 2 степени свободы: вперёд-назад и влево-вправо. Зона видимости оператора достаточно ограничена, так как на это влияют особенности конструирования и расположения кресла его рабочего места, поэтому контроль управления выполняется с помощью системы визуального отслеживания обстановки. Фронтальный обзор осуществляется за счёт прямого зрительного восприятия космонавта [2]. Эти вышеописанные позиции создают напряжение органов вестибулярного аппарата, что в свою очередь вызывает нарушение операторской деятельности [3].

Таким образом целью работы является разработка рабочей зоны оператора имитатора планетохода. Первостепенной задачей является создание математической модели рабочего места оператора.

Литература:

1. Наумов Б.А., Шевченко Л.Е., Космические тренажёры. Этапы развития. – Звёздный городок, 2008. – 178 с: илл.

2. Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Киршанов В.Н., Коренной В.С., Крючков Б.И., Онуфриенко Ю.И., Пономарев К.В., Харламов М.М., Швецов В.В., Подход к проведению послеполётного эксперимента по управлению планетоходом// Пилотируемые полёты в космос. – 2020. - № 2(35). – с. 47 – 48

3. Космическая биология и медицина. В 2-х томах. Том 1. Медицинское обеспечение длительных полетов. – ГНЦ РФ–ИМБП РАН, 2001. – 600 с.

Ground training of cosmonauts using special technical means is one of the methods of ensuring the safety of manned space flights

Kikina A.Y.

MAI, Moscow, Russia

Ensuring safety when performing various types of operations in space flight is the development and implementation of special measures to prevent emergencies or reduce damage from them [1]. The development of measures is carried out on the basis of a large practical experience of ground testing of space technology and ground training of crews for space flights.

One of the danger factors in space flight is the activities of the crew (errors in the process of preparing and performing operations, leading to emergency situations). To eliminate this factor in space flight, it is necessary to train a person on simulators on Earth. For this, it is proposed to use one of the simulators – a rover simulator.

The rover simulator is a moving model powered by electric propulsion. The vehicle is controlled in one of two speed modes due to the handle (joystick) under the operator's right hand, resting on the right armrest of the chair. The joystick has 2 degrees of freedom: forward-backward and left-right. The operator's visibility area is rather limited, since this is influenced by the design and location of the seat of his workplace, therefore, control is carried out using a system of visual monitoring of the situation. Frontal view is carried out due to the direct visual perception of the astronaut [2]. These positions described above create tension in the organs of the vestibular apparatus, which in turn causes a violation of the operator's activity [3].

Thus, the purpose of the work is to develop a working area for the operator of the rover simulator. The primary task is to create a mathematical model of the operator's workplace.

References:

1. Naumov B.A., Shevchenko L.E., Space simulators. Stages of development. – Star sity, 2008. – 178 p: pict.

2. Dolgov P.P., Irodov E.Yu., Kirshanov V.N., Korennoy V.S., Kryuchkov B.I., Onufrienko Yu.I., Ponomaryov K.V., Harlamov M.M., Shvetsov V.V., An approach to conducting a post-flight rover control experiment// Manned space flights. – 2020. - № 2(35). – p. 47 – 48

3. Space biology and medicine. In 2 tomes. Tome 1. Medical support of long-term flights. – SSC RF–IMBP RSA, 2001. – 600 p.

Автоматизация проектирования систем газоснабжения ракетно-космических комплексов

Котов В.В., Никишкин С.И., Косорукова О.В., Пронин С.Р.
КГТА им. Дегтярева, г. Ковров, Россия

Объектом исследования данной работы являются системы газоснабжения ракетно-космических комплексов (СГС РКК), которые предназначены для обеспечения сжатыми газами ракеты-носителя и смежных систем наземного оборудования при подготовке к пуску, пуске и после пуска ракеты-носителя, а также при их техническом обслуживании. Структурно они представляют собой газобаллонный источник питания объемом в сотни кубометров с газами различной физической природы (воздух, азот, инертные газы, метан), которые выдаются десяткам потребителей по линиям питания, включающим тысячи элементов арматуры различного назначения (см. [1], с. 185 - 194). Их относят к сложным техническим системам, которые требуют значительных затрат ресурсов на их создание. Поэтому автоматизация процесса разработки СГС является актуальной задачей.

Целью работы является автоматизация начального этапа типового процесса разработки СГС (см. [2], с. 281-283), заключающегося в формировании их структурных и принципиальных схем, а также расчете их основных параметров. Для достижения поставленной цели разработана автоматизированная система (АС), включающая все типовые обеспечения САПР (см. [3]).

В основу математического обеспечения (МО) положена иерархия моделей для описания процессов в СГС с использованием методологии, которая предложена в монографии акад. А.А. Самарского [4] с. 131 - 135. Особенностью МО является учет свойств реального газа на базе уравнений состояния Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга, Соаве и Пенга-Робинсона, а также полиномиального уравнения (см. [5, 6]). Для них разработаны зависимости для расчета основных термодинамических свойств, термодинамики переменного количества газа и газодинамики.

На основе МО разработано 7 программных средств анализа и оптимизации процессов в типовых элементах и структурах СГС, которые вошли в состав АС. Выполнено тестирование всех программ, которое подтвердило их высокую точность. Разработанное ПО использовано в расчетах СГС РКК «Зенит» и «Ангара».

Design automation of gas supply systems of rocket and space complexes

Kotov V.V., Nikishkin S.I., Kosorukova O.V., Pronin S.R.
KSTA named after V.A. Degtyarev, Kovrov, Russia

The object of research of this work is the gas supply systems of rocket and space complexes (GSS of RSC), which are designed to provide compressed gases to the launch vehicle and related ground equipment systems in preparation for launching, launching and after launching of the launcher, as well as during their maintenance. Structurally, they represent a gas-cylinder power source with a volume of hundreds of cubic meters with gases of various physical nature (air, nitrogen, inert gases, methane), which are issued to dozens of consumers along power lines including thousands of fittings of various purposes (see [1], p. 185 - 194). They are classified as complex technical systems that require significant resources to create them. Therefore, automation of the GSS development process is an urgent task.

The aim of the work is to automate the initial stage of the typical GSS development process (see [2], p. 281-283), which consists in the formation of their structural and principle schemes, as well as the calculation of their main parameters. To achieve this goal, an automated system (AS) has been developed, including all standard CAD systems (see [3]).

The mathematical support (MS) is based on the hierarchy of models for describing processes in the GSS using the methodology proposed in the monograph of Academician A.A. Samarsky [4] p. 131 - 135. A feature of the MS is taking into account the properties of a real gas based on the Van der Waals, Redlich-Kwong, Soave and Peng-Robinson equations of state, as well as the polynomial equation (see [5, 6]). Dependences have been developed for them to calculate the basic thermodynamic properties, the thermodynamics of a variable amount of gas and gas dynamics.

On the basis of the MO, 7 software tools for analyzing and optimizing processes in typical elements and structures of the GSS, which are part of the AS, have been developed. All programs were tested, which confirmed their high accuracy. They were used in the calculations of the RSC Zenit and Angara CGS.

Алгоритмы динамического программирования и параллельные вычисления при решении задач маршрутизации сложных перелетов

Кравченко В.С., Иванюхин А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

С момента начала освоения космического пространства технологии шагнули далеко вперед. Космическое пространство активно осваивается, запускаются новые спутники, изучаются астероиды, глубокий космос. В работе [1] показана значимость астероидов для науки, понимания того, как образовалась земля. Космический мусор в свою очередь влечет опасность для спутников, космических кораблей, астронавтов [2]. Данные аспекты начинают порождать новые задачи, требующие современных решений. Формулируются все более сложные миссии, ранее о которых мы даже не подозревали.

Наиболее распространёнными примерами сложных миссий, включающих этап проработки маршрута, как последовательности некоторых объектов являются: траектории перелёта с множественными гравитационными манёврами, задачи облёта группы астероидов и сбора космического мусора в околоземном пространстве.

Так как классическая задача маршрутизации [3] имеет комбинаторный характер, единого алгоритма её решения нет. Подходов достаточно много, и все они обладают своими достоинствами и недостатками. Мы постарались свести рассматриваемые постановки к двум алгоритмическим задачам: задачи коммивояжёра и задачи о рюкзаке [4]. Обе эти задачи хорошо изучены и относятся к классу NPсложных задач. Для определения в них глобальнооптимального решения нужно использовать алгоритм полного перебора, однако при практически значимом количестве вариантов это оказывается не доступно для современной вычислительной техники.

В ходе работы мы сравнили разные подходы к решению одной и той же задачи с помощью двух алгоритмов, реализованных на основе динамического программирования и получили результаты показывающие как преимущества того или иного метода. Результатом работы является комплекс программ, решающих задачи отвода космического мусора и облета астероидного пояса на основе динамического программирования, с использованием GPU для массивного вычисления параметров перелета.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Российской Федерации, выделяемого из федерального бюджета для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях и государственных научных центрах Российской Федерации (VII очередь, постановление Правительства РФ№220 от 09.04.2010). Соглашение №075-15-2019-1894 от 03.12.2019.

Литература:

1. Салюта Е. Н. Физико-механические свойства и гравитационная деформация металлических астероидов // Астрономический Вестник. 2013. Т. 47. № 2. С. 122–140.

2. Anselmo L., Pardini C. An index for ranking active debris removal targets in LEO // Proc. Intern. Conf. «7th European Conference on Space Debris 2017». Germany: ESA Space Debris Office, 2017. Vol. 7.

3. Сесекин В. Н., Ченцов А. А., Ченцов А. Г. Задачи маршрутизации перемещений / СПБ.: Лань, 2011. 256 с.
4. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы / М.: МЦНМО, 2014. 391 с.

Dynamic programming algorithms and parallel computations in solving complex flight routing problems

Kravchenko V.S., Ivanyukhin A.V.
MAI, Moscow, Russia

Since the beginning of space exploration, technology has leaped forward. Outer space is being actively explored, new satellites are being launched, asteroids and deep space are being studied. The work [1] shows the importance of asteroids for science, understanding how the earth was formed. Space debris, in turn, entails a danger to satellites, spaceships, astronauts [2]. These aspects are beginning to give rise to new tasks that require modern solutions. More and more complex missions are being formulated, which we did not even suspect before.

The most common examples of complex missions that include the stage of working out the route, as a sequence of some objects are: flight trajectories with multiple gravity assist maneuvers, the tasks of flying around a group of asteroids and collecting space debris in near-earth space.

Since the classical routing problem [3] has a combinatorial nature, there is no single algorithm for its solution. There are a lot of approaches, and they all have their own advantages and disadvantages. We have tried to reduce the considered formulations to two algorithmic problems: the traveling salesman problem and the knapsack problem [4]. Both of these problems are well studied and belong to the class of NP-hard problems. To determine the globally optimal solution in them, it is necessary to use the exhaustive search algorithm; however, with a practically significant number of options, this is not available for modern computing.

In the course of work, we compared different approaches to solving the same problem using two algorithms implemented on the basis of dynamic programming and obtained results showing how the advantages of one method or another. The result of the work is a set of programs that solve the problems of removing space debris and flying around the asteroid belt based on dynamic programming, using a GPU for massive calculation of flight parameters.

This study was supported by the grant of the Government of the Russian Federation allocated from the federal budget for state support of scientific research conducted under the guidance of leading scientists in Russian educational institutions of higher education, research institutions and state research centers of the Russian Federation (Contest 7, Resolution No.220 of the Government of the Russian Federation of April 9, 2010). Agreement No. 075-15-2019-1894 of December 3, 2019.

Определение энергетических возможностей ракет-носителей для развертывания орбитальной группировки космических аппаратов с нестабильной баллистической структурой

Ксюнин И.А.
ВКА им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия

В современной космической отрасли всё чаще прослеживается тенденция к решению задач группами из нескольких КА, кластерами. Кластер – это совокупность КА, находящихся на небольшом удалении друг от друга.

Для решения задачи определения местоположения источников радиоизлучения (ИРИ) с целью обнаружения и идентификации людей. Предлагается объединить возможности приведенных выше систем КА по определению местоположения ИРИ и новый подход к развертыванию ОГ КА с нестабильной баллистической структурой.

Актуальность работы прослеживается в современных тенденциях по решению различного рода задач группами КА.

Новизна работы заключается в исследовании технической возможности выведения большого количества однотипных КА отечественными РН.

Суть идеи по развертыванию ОГ КА с нестабильной баллистической структурой заключается в следующем. Одной РН на низкую опорную орбиту (НОО) выводится

многочисленная группа малых некорректируемых КА, размещенная на специальной платформе разведения, которая в свою очередь присоединена к разгонному блоку. После выведения на НОО задействуется разгонный блок, который осуществляет довыведение платформы разведения с группой КА на целевую орбиту. Двигаясь на целевой орбите в соответствии с программой от платформы разведения отделяются КА с заданным импульсом скорости в заданных направлениях.

КА в орбитальной плоскости будут размещены неравномерно. Сформированная таким образом ОГ позволяет образовываться кластерам КА. Образующиеся кластеры позволят определить местоположение ИРИ с помощью известных методов.

Задача в работе сформулирована следующим образом:

Определить возможности современных РН для запуска N КА массой m на целевую орбиту высотой H с наклонением i для развертывания с заданного космодрома одним пуском РН орбитальной группировки КА с нестабильной баллистической структурой, решающих задачу определения местоположения ИРИ на поверхности Земли.

Ограничением является то, что целевая орбита является круговой.

Энергетические возможности РН по достижению различных орбит определяется конкретными параметрами каждой конкретной РН.

Существуют ограничения на энергетические возможности РН по выведению полезной нагрузки на целевую орбиту.

Перспективная платформа разведения может представлять собой цилиндрическую капсулу, в которой размещены КА. Внутри капсулы размещена продольная система для крепления КА. КА отделяются от капсулы за счет пружинных толкателей в соответствии с заранее заложенной программой отделения. Капсула ориентируется в пространстве таким образом, чтобы ее продольная ось была направлена к центру Земли.

С учетом известной массы КА и количества выводимых групповым способом КА можно рассчитать массу полезной нагрузки и определить какими действующими РН и с каких космодромов целесообразно производить запуск группы КА для развертывания ОГ с нестабильной баллистической структурой.

Задача выведения большой группы малых некорректируемых КА, решающих задачу определения местоположения ИРИ, технически осуществима и вполне реализуема имеющимися на сегодняшний день РН.

В работе показано, что одной РН типа «Космос-3М» с космодрома Байконур представляется возможным с применением РБ «Фрегат» вывести около 100 КА весом около 8 кг на низкую целевую орбиту высотой 300 км, развернуть их в ОГ с применением нестабильной баллистической структуры. Развернутая таким образом ОГ позволит решить задачу определения местоположения ИРИ с разрывом в наблюдении в течение определенного техническим заданием времени.

Determination of the energy capabilities of launch vehicles for the deployment of an orbital constellation of spacecraft with unstable ballistic structure

Ksyunin I.A.

Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersberg, Russia

In the modern space industry, there is an increasing tendency to solve problems in groups of several space space systems, clusters. A cluster is a collection of scams located at a short distance from each other.

To solve the problem of determining the location of sources of radio emission (SRE) in order to detect and identify people. It is proposed to combine the capabilities of the above sc systems for determining the location of the SRE and a new approach to the deployment of the OC scer with an unstable ballistic structure.

The relevance of the work can be traced in modern trends in solving various kinds of tasks by ca groups.

The novelty of the work lies in the study of the technical feasibcy of removing a large number of similar nuclear power plants by domestic LVs.

The essence of the idea for the deployment of A SC with an unstable ballistic structure is as follows. One LV to the low reference orbit (LEO) is launched a group of small space satellites placed on the launch platform, which in turn is attached to the upper stage. After launching on leo, the upper stage is involved, which brings the breeding platform with a group of space space to the target orbit. Moving in the target orbit, space satellites are separated with a given velocity pulse in the specified directions.

Space spacers in the orbital plane will be placed unevenly. The OC formed in this way allows clusters of sc to form. The resulting clusters will allow to determine the location of the IRI using known methods.

The task in the work is formulated as follows:

To determine the possibilities of modern LVs for launching N space satellites with a mass of m to the target orbit with an altitude of H with an inclination i for deployment from a given cosmodrome by one launch of the LV of the orbital grouping of space forces with an unstable ballistic structure, solving the problem of determining the location of the IRI on the Earth's surface.

The limitation is that the target orbit is circular.

The energy capabilities of the LV to reach different orbits are determined by the specific parameters of each specific LV.

There are limitations on the energy capabilities of the LV.

A promising breeding platform can be a cylindrical capsule in which the spaces are placed. Inside the capsule there is a longitudinal system for mounting the ka. The kas are separated from the capsule by spring pushers. The capsule is oriented in space in such a way that its longitudinal axis is directed to the center of the Earth.

Taking into account the known mass of the space and the number of spaceways displayed by the group method, it is possible to calculate the mass of the payload and determine which operating LVs and from which cosmodromes it is advisable to launch a group of space spaceways for the deployment of an OC with an unstable ballistic structure.

The task of removing a large group of small uncorrected nuclear systems that solve the problem of determining the location of the SRE is technically feasible and feasible by the currently available LVs.

The paper shows that one LV of the Kosmos-3M type from the Baikonur cosmodrome is possible with the use of the Fregat BB to bring about 100 spacecraft weighing about 8 kg to a low target orbit with an altitude of 300 km, deploy them in the OC using an unstable ballistic structure. Deployed in this way, the OC will solve the problem of determining the location of the SRE with a gap in observation for a certain time.

Решение задачи структурно-параметрической оптимизации конструктивно-технологических решений несущих поверхностей, изготовленных с помощью аддитивных технологий

Куприянова Я.А., Парафесь С.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Одним из этапов решения задачи структурно-параметрической оптимизации конструкции несущих поверхностей является приближение эталонных теоретических решений (ЭТР) к реальным конструктивно-технологическим решениям (КТР). При этом необходимо учитывать технологические ограничения, накладываемые на конструкцию элементов крыла [1].

Использование аддитивных технологий позволяет изготавливать сверхлегкие конструкции из различных материалов практически без технологических ограничений, что может максимально приблизить технологическое совершенство КТР к конструктивному [2].

Для решения задачи структурно-параметрической оптимизации КТР несущей поверхности, изготовленной с помощью аддитивных технологий, была построена математическая модель крыла и сформировано ЭТР, представляющее оптимальное распределение материала в конструкции, проведена оптимизационная процедура идентификации КТР и ЭТР и выбрано рациональное КТР с учетом конструктивных и технологических ограничений.

Было проведено сравнение альтернативных вариантов КТР несущих поверхностей и получено решение задачи структурно-параметрической оптимизации КТР крыла, показавшее высокую эффективность и перспективность применения аддитивных технологий в конструкции несущих поверхностей беспилотных летательных аппаратов.

1. Парафесь С. Г. Метод структурно-параметрической оптимизации конструктивно-технологических решений несущих поверхностей малого удлинения // Вестник МАИ. Т.17, №3/2010. – с.5-17

2. Комаров В. А. Проектирование силовых аддитивных конструкций: теоретические основы // Онтология проектирования. Т.7, №2(24)/2017. – с.191-206

Solution of the problem of structural-parametric optimization of structural-technological patterns of lifting surfaces manufactured using additive technologies

Kupriyanova Y.A., Parafes' S.G.
MAI, Moscow, Russia

One of the stages in solving the problem of structural-parametric optimization of the design of lifting surfaces is the approximation of reference theoretical patterns (RTS) to real constructive-technological patterns (CTP). In this case, it is necessary to take into account the technological limitations imposed on the design of the wing elements [1].

The use of additive technologies makes it possible to manufacture ultralight structures from various materials practically without technological limitations, which can bring the technological perfection of the CTP as close as possible to the constructive pattern [2].

To solve the problem of structural-parametric optimization of the CTP of the lifting surface, manufactured using additive technologies, the mathematical model of the wing was built and an RTS representing the optimal distribution of material in the structure was formed. Optimization procedure for identifying the CTP and RTS was carried out, and a rational CTP was selected taking into account the design and technological constraints.

The comparison was made of alternative versions of the CTP of the lifting surfaces and a solution to the problem of structural-parametric optimization of the CTP of the wing was obtained which showed the high efficiency and prospects of using additive technologies in the design of the lifting surfaces of unmanned aerial vehicles.

1. Parafes S.G. Method of structural-parametric optimization of structural-technological patterns of low-aspect lifting surfaces // Aerospace MAI Journal. Vol.17, No. 3/2010. - p.5-17

2. Komarov V.A. Design of power additive structures: theoretical foundations // Ontology of designing. Vol.7, No.2 (24) / 2017. - p.191-206

Оценка углеродного следа от авиаперелетов, связанных с проведением крупных спортивных соревнований, на примере Евро-2020

Мануйлова Н.Б., Мессинева Е.М., Горькова Н.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Крупные международные спортивные соревнования сопряжены с большим количеством авиационных перелетов, которые совершают, как болельщики, так и сами спортсмены, и сопровождающие их лица. Безусловно, этот фактор в процессе их проведения способствует увеличению углеродного следа (совокупности выделяющихся парниковых газов), связанного с работой авиационных двигателей.

Летом 2021 года в 11 городах, расположенных в 10 различных странах, состоялся чемпионат Европы по футболу ЕВРО-2020. В нем, как и в предыдущем чемпионате ЕВРО-2016, приняли участие 24 команды. Такое большое количество участников и локаций привело к тому, что количество необходимых перемещений на самолетах оказалось значительным. Целесообразность проведения крупных соревнований одновременного в нескольких городах, расположенных на больших расстояниях друг от друга может вызывать определенные сомнения, прежде всего, с точки зрения воздействия на окружающую природную среду – их невозможно провести без заметного вклада в углеродный след, который в значительной степени определяет степень климатических изменений.

Для того чтобы оценить количество парниковых газов, связанных с проведением этого мероприятия были прослежены маршруты команд-полуфиналистов на протяжении чемпионата: Италии, Англии, Испании и Дании. Из них меньше всего перелетов (2, суммарное расстояние 3200 км) совершила сборная Англии, больше всего – сборная Италия (8 перелетов общей протяженностью 8350 км), максимальное расстояние преодолела сборная Испании (почти 13000 км). В целом, команды-полуфиналисты в течение чемпионата преодолели 34095 км. По данным общей заявки на турнир – число игроков каждой сборной составляет 26 человек (всего 104 человека), не считая сопровождающего персонала, которых для вышеперечисленных команд в сумме составил 56 человек. В процессе работы был рассчитан суммарный углеродный след перелетов, совершенных только игроками команд – полуфиналистов ЕВРО-2020 и их сопровождающего персонала. Он составил 395,92 тонны углекислого газа.

Суммарный углеродный след от проведения ЕВРО-2020 был значительно выше. Такое воздействие не может не повлиять на перспективы развития процесса глобального изменения климата, поэтому для минимизации подобного воздействия, необходимо задуматься как о необходимости проведения крупных чемпионатов на базе большого количества локаций, связанных исключительно авиационным сообщением, так и о возможном сокращении количества команд-участниц финальной стадии чемпионатов.

The estimation of air travel carbon footprint associated with major sporting events, using the example of EURO 2020

Manuylova N.B., Messineva E.M., Gorkova N.V.
MAI, Moscow, Russia

Major international sporting events involve a large number of air flights, which are made by as fans as athletes themselves and their accompanying persons. Undoubtedly, this factor in the process of their implementation contributes to an increase in the carbon footprint (the totality of emitted greenhouse gases) associated with the aircraft engines operation.

In the summer of 2021, the European Football Championship UEFA EURO 2020 took place in 11 cities located in 10 different countries. 24 teams took part in it as in the previous UEFA EURO 2016 championship. Such huge number of participants and locations led to the fact that the number of necessary movements on the aircraft turned out to be significant. The feasibility of holding large competitions simultaneously in several cities located at great distances from each other may raise certain doubts, primarily in terms of the impact on the natural environment - they cannot be held without a significant contribution to the carbon footprint, which largely determines the degree of climatic changes.

In order to assess the amount of greenhouse gases associated with the holding of this event, the routes of the semi-finalist teams during the championship were traced: Italy, England, Spain and Denmark. Of these, the least of all flights (2, total distance of 3200 km) were made by the England national team, the most by the Italian national team (8 flights with a total length of 8350 km), the maximum distance was covered by the Spanish national team (almost 13000 km). In general, the semi-finalist teams covered about 34,095 km during the championship. According to the general application for the tournament, the number of players of each team is 26 people (a total of 104 people), not counting the accompanying personnel, which totaled 56 people for the listed above teams. In the process of work, the total carbon footprint of flights made only by the players of the teams - semi-finalists of EURO 2020 and their accompanying personnel was calculated. It amounted to 395.92 tons of carbon dioxide.

So, the combined carbon footprint of UEFA EURO 2020 was significantly higher. Such an impact should affect the prospects for the development of the process of global climate change, therefore, in order to minimize such an impact, it is necessary to think about both the need to hold major championships based on a large number of locations related exclusively to air traffic, and about a possible reduction in the number of teams participating in the final stage of the championship.

Сорбционно-каталитическая очистка конденсата атмосферной влаги с подачей окислителя в условиях космической станции

Павлов А.В., Бобе Л.С.
АО «НИИхиммаш», г. Москва, Россия

В настоящее время очистка конденсата атмосферной влаги от низкомолекулярных спиртов осуществляется в жидкостной среде путём каталитического окисления за счёт кислорода, содержащегося в катализаторе, с последующей сорбцией диссоциирующих продуктов реакции с помощью ионообменных смол. Ресурс блока очистки ограничен запасами кислорода в катализаторе. Реализуется также процесс окисления спиртов в газожидкостном потоке при больших расходах воздуха (газосодержание более 90%), однако степень окисления невысока и составляет при установившемся режиме не более 40%. Это объясняется большим диффузионным сопротивлением при отводе продуктов реакции от поверхности катализатора и блокировкой пор катализатора образующейся уксусной кислотой.

Для устранения указанных недостатков и обеспечения степени окисления спиртов близкой к 100% при практически неограниченном ресурсе катализатора предложено проводить каталитическое окисление спиртов при стехиометрической подаче кислорода с воздухом, а также при ограничении содержания уксусной кислоты, путём её предварительной или одновременной сорбции ионообменными смолами. Проведенные эксперименты подтвердили, что при подаче в слой сорбента-катализатора конденсата атмосферной влаги (в режиме работы системы СРВ-К2М) с содержанием спиртов до 100 мг/л и уксусной кислоты до 60 мг/л ресурс узла очистки практически не ограничен по окислению и определяется ёмкостью анионита по уксусной кислоте. Важным моментом является определение возможности работы ионообменных смол по очистке жидкости из газожидкостной смеси с содержанием воздуха до 50%.

В докладе приведены экспериментальные данные, анализ процессов переноса массы, катализа и сорбции. Приведены рекомендации по построению системы регенерации воды, использующей предложенный метод очистки.

Sorption-catalytic purification of humidity condensate with the supply of an oxidizer in space station condition

Pavlov A.V., Bobe L.S.
JSC “NIIchimmash”, Moscow, Russia

At present time, the purification of humidity condensate from low molecular weight alcohols is carried out in a liquid phase by catalytic oxidation due to oxygen contained in the catalyst. At the next stage sorption of dissociated reaction products using ion exchange resins is carried out. The resource of the purification unit is limited by the oxygen reserves in the catalyst. The process of oxidation of alcohols in a gas-liquid phase with high air consumption (gas content of more than 90%) is also realized, however, the degree of oxidation is low and is no more than 40% under steady-state conditions. This is due to the high diffusion resistance when the reaction products are removed from the catalyst surface and the catalyst pores are blocked by the resulting acetic acid.

It is proposed to carry out catalytic oxidation of alcohols with stoichiometric oxygen supply with air and with limiting of the content of acetic acid by preliminary or simultaneous sorption with ion exchange resins. These conditions will allow to eliminate existing disadvantages and ensure the degree of oxidation of alcohols close to 100% with an almost unlimited catalyst resource. The experiments have confirmed that when humidity condensate is supplied to the sorbent-catalyst layer (in the operation mode of the SRV-K2M system) with an alcohol content of up to 100 mg/l and acetic acid up to 60 mg/l, the resource of the purification unit is practically unlimited in oxidation and is determined by the capacity of the anionite for acetic acid. An important point is to determine the possibility of ion-exchange resins to purify liquids from a gas-liquid mixture with an air content of up to 50%.

The report presents experimental data, analysis of mass transfer, catalysis and sorption processes. Recommendations on the construction of a water regeneration system using the proposed purification method are given.

Основные показатели оценки качества тренажеров и тренажерных комплексов

Петелин Д.А., Сафронова К.П., Белявский А.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Выполнение тренировочных космических полетов практически невозможно ввиду большой стоимости и небезопасности данного мероприятия. Поэтому большую роль при подготовке космонавтов играют именно тренажерные комплексы, по возможности максимально имитирующие условия реального полета. Чтобы понять, насколько эффективен тот или иной тренажер, проводится оценка качества.

Для эффективной оценки качества тренажера, необходимым считается изначальное рассмотрение основных его свойств, включающие в себя общетехнические характеристики, эксплуатационные характеристики, методические возможности и эффективность тиражирования (производства). Тщательный анализ прогнозируемых показателей качества создаваемых средств тренажерной техники имеют особую важность в связи с тем, что от их правильного и обоснованного выбора зависит уровень профессиональной подготовки обучаемых операторов, обоснованность затрат на создание тренажеров, эффективность их эксплуатации и способность создаваемых комплексов к последующей модернизации и расширению функциональных возможностей.

Для оценки качества ТСПК предлагается использовать систему коэффициентов функционально-методической полноты и параметрический адекватности. Эта система состоит из трех типов коэффициентов:

1. Коэффициент функциональной полноты, который определяет часть элементов деятельности космонавта, которые формируются на данном тренажере.
2. Коэффициент методической полноты, служит показателем достигнутого на данном тренажере уровня методического совершенства
3. Коэффициент параметрической адекватности, определяет достигнутый на конкретном тренажере уровень точности имитации значимых параметров технического средства, управляемого космонавтом, условий обитания, внешней среды, временного масштабирования процесса и тд.

В каждой из этих групп можно выделить геометрические, временные, динамические и другие виды параметров, которые определяют адекватность имитации реальным условиям полета. Эти группы параметров определяются индивидуально для каждого типа ТСПК.

Качественная оценка надежности позволяет получить основные материалы для отработки рекомендаций по повышению надежности тренажера в целом, совершенствования обслуживания и улучшению качества эксплуатационной и ремонтной документации.

Количественная оценка надежности заключается в определении единых и комплексных показателей надежности тренажера на основе статистических материалов, полученных в результате испытаний или в процессе эксплуатации.

В работе предлагается комплексно рассмотреть систему коэффициентов функционально-методической полноты и параметрический адекватности, провести качественную и количественную оценку имеющихся тренажеров для подготовки экипажа, чтобы повысить работоспособность и эффективность подготовки членов экипажа космического полета.

Литература:

1. Космические тренажеры / Б.А. Наумов. – М.: Звездный городок, 2013.
2. Тренажерные комплексы. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005.

The main indicators for assessing the quality of simulators and training complexes

Petelin D.A., Safronova K.P., Belyavsky A.E.
MAI, Moscow, Russia

Performing training space flights is almost impossible due to the high cost and insecurity of this event. Therefore, it is the simulator complexes that play an important role in the preparation of astronauts, simulating the conditions of a real flight as much as possible. To understand how effective a particular simulator is, a quality assessment is carried out.

To effectively assess the quality of the simulator, it is considered necessary to initially consider its main properties, including general technical characteristics, operational characteristics, methodological capabilities and the effectiveness of replication (production). A thorough analysis of the predicted quality indicators of the simulator equipment being created is of particular importance due to the fact that the level of professional training of trained operators, the reasonableness of the costs of creating simulators, the efficiency of their operation and the ability of the created complexes to further upgrade and expand functionality depend on their correct and reasonable choice.

To assess the quality of TSPK, it is proposed to use a system of coefficients of functional and methodological completeness and parametric adequacy. This system consists of three types of coefficients:

1. The coefficient of functional completeness, which determines part of the elements of the astronaut's activity that are formed on this simulator.

2. The coefficient of methodological completeness, serves as an indicator of the level of methodological perfection achieved on this simulator

3. The coefficient of parametric adequacy determines the level of accuracy achieved on a specific simulator to simulate significant parameters of a technical means controlled by an astronaut, living conditions, the external environment, time scaling of the process, etc.

In each of these groups, it is possible to distinguish geometric, temporal, dynamic and other types of parameters that determine the adequacy of simulation to real flight conditions. These groups of parameters are determined individually for each type of TSPK.

A qualitative assessment of reliability allows you to obtain basic materials for working out recommendations for improving the reliability of the simulator as a whole, improving maintenance and improving the quality of operational and repair documentation.

The quantitative assessment of reliability consists in determining the unified and complex reliability indicators of the simulator based on statistical materials obtained as a result of tests or during operation.

The paper proposes to comprehensively consider the system of coefficients of functional and methodological completeness and parametric adequacy, to carry out a qualitative and quantitative assessment of the available simulators for crew training in order to increase the efficiency and effectiveness of the training of space flight crew members.

References:

1. Space simulators / B.A. Naumov. - M.: Zvezdny Gorodok, 2013.

2. Training complexes. Development technologies and operational experience / V.E. Shukshunov [et al.]. - M.: Mashinostroenie, 2005.

Концепция цифровой модели многоразовой ракеты-носителя сверхлегкого класса

Пешков Р.А., Ваулин С.Д., Исмагилов Д.Р., Малых Д.А.

ЮУрГУ, г. Челябинск, Россия

Одной из основных проблем при разработке ракет-носителей является определение величины действующих нагрузокв процессе полета. Несмотря на большое количество методик для определения различных видов нагружения в настоящий момент не существует цифровой модели позволяющей провести комплексный анализ поведения конструкции с учетом динамики движения ракеты-носителя. Актуальность направления продиктована развитием в настоящее время многоразовых ракетно-космических систем. При возвращении элементы ракеты-носителя осуществляют вращение относительно всех осей, в томчисле и вокруг собственной, например, для уменьшения теплового нагрева при больших скоростях спуска. В работе представлена цифровая модель многоразовой ракеты-носителя сверхлегкого класса с использованием различных модулей программного комплекса ANSYS, подходов к созданию сеточной модели и пользовательских подпрограмм на языке C++.

В качестве базовой математической модели используются усредненные по Рейнольдсууравнения Навье-Стокса и стандартнаяk-ε модель турбулентности. Расчетная область состоит из нескольких сеточных моделей:

• Модели, описывающей поведение компонентов топлива внутри баков ракеты-носителя;

• Моделей, описывающих твердотельные области для задания свойств материалов стенки ракеты-носителя, теплозащитного и теплоизоляционных покрытий;

• Модели в форме сферы, позволяющей учитывать изменение углового положения ракеты-носителя во всех плоскостях;

• Модели в форме прямоугольного параллелепипеда для задания граничных условий.

Все эти сетки объединяются в решателе посредством специального интерфейса, который передает данные из одной области в другую по мере проведения расчета.

Изменение инерционных характеристик связано, прежде всего, с выработкой компонентов топлива, которые составляют до 90% от стартовой массы. В работе предлагается подход, основанный на использовании VOFмодели для учета колебаний компонентов топлива в баке и его выработки в процессе полета (в том числе и газа наддува).

При помощи FSI технологии осуществляется двухстороннее взаимодействие гидрогазодинамического пакета и пакета для расчета напряженно-деформированного состояния ракеты-носителя с обменом данных на каждом временном шаге.

Дальнейшим направлением развития является оценка адекватности цифровой модели реальным процессам путем сравнения с результатами экспериментов и расширение возможностей для применения при решении оптимизационных задач проектирования конструкций ракет-носителей сверхлегкого класса.

Concept of a digital model of a reusable small-lift launch vehicle

Peshkov R.A., Vaulin S.D., Ismagilov D.R., Malyh D.A.
SUSU, Chelyabinsk, Russia

One of the main problems in the launch vehicles development is the magnitudedetermination of the acting loads during flight. Despite a large number of techniques for determining different types of loads, at present, there is no digital model that allows a comprehensive analysis of the structural behavior taking into account the dynamics of the launch vehicle motion. The directionrelevanceis dictated by the current development of reusable space rocket systems. When returning, the elements of the launch vehicle perform a rotation relative to all axes, including around its own axis, for example, to reduce thermal heating at high rates of descent. This paper presents a digital model of the reusable small-liftlaunch vehicle using various modules of the ANSYS software package, approaches to create a mesh model, and custom subroutines in C++.

The Reynolds averaged Navier-Stokes equations and the standard k-ε turbulence model are used as the basic mathematical model. The computational domain consists of several grid models:

• A model describing the behavior of the fuel components inside the launch vehicle tanks;

• Models describing the solid domains for specifying the material properties of the launch vehicle wall, heat shield and heat insulation coatings;

• A sphere-shaped model to account for changes in the launch vehicle angular position in all planes;

• A model in the rectangular parallelepiped formto set the boundary conditions.

All these grids are combined in the solver through a special interface that transfers data from one area to another as the calculation proceeds.

The change in the inertial characteristics is associated primarily with the fuel componentsproduction, which account for up to 90% of the starting mass. This work proposes an approach based on the use of the VOF model to account for the fuel components fluctuations in the tank and its production during flight (including the supercharger gas).

With the help of FSI technology, the hydrogasodynamic package and the package for calculating the stress-strain state of the launch vehicle with data exchange at each time step is carried out bilaterally.

A further direction of development is to assess the adequacy of the digital model to real processes by comparing it with experimental results and expanding its capabilities for application in solving optimization problems of small-liftlaunch vehicle design.

Система электролизного получения кислорода «Электрон-ВМ» Международной космической станции: интервалы времени подпитки водой и локальное изменение содержания газа в потоке газожидкостной смеси

Прошкин В.Ю.
АО «НИИхиммаш», г. Москва, Россия

На Международной космической станции (МКС) работает система генерации кислорода (СГК) «Электрон-ВМ». Технологический блок (ТБ) СГК производит О2 и Н2 электролизом воды (из раствора электролита объемом □3 л) с циркуляцией электролита через О2 и Н2 камеры электролизера и разделением газожидкостной смеси (ГЖС) в статических разделителях на пористых диафрагмах. При токе питания электролизера (12 ячеек) I=10-64 А производительность О2 25-160 нормальных л/час (Н2 – 50-320 нл/час). Подпитка ТБ водой: дискретные порции по 70-110 мл (зависит от индивидуальных настроек буферной емкости (БЕ) конкретного ТБ), при стабильных объемах (разброс □5 мл) и временах подпитки (□1 мин) в каждом ТБ.

Анализ работы СГК на МКС установил, что распределение интервалов времени (ИВ) между 2-я последовательными подпитками ТБ водой не подчиняется нормальному закону распределения относительно средней величины (СВ), определяемой производительностью О2:

• 2 последовательных ИВ отличаются от СВ в «плюс» и в «минус», и на близкие величины;

• Есть 2 локальных максимума в распределении ИВ, отстоящих на ±10-15% от СВ, область СВ является локальным минимумом;

• Общий разброс ИВ ±20-30% от СВ;

• При определенных условиях распределение ИВ дает 2 синусоидальные кривые, зеркальные относительно линии СВ;

• Отдельные ИВ могут резко «выпадать» из общего распределения.

Для ТБ проведено моделирование перераспределения соотношения газ-жидкость в ГЖС в локальной области (ЛО). Описанное распределение ИВ будет если:

• При работе ТБ изменяется объем жидкости в ГЖС (изменения компенсируются БЕ) из-за циклического образования-разрушения ЛО;

• В ЛО идет обеднение ГЖС жидкостью - рост газового пузыря, с быстрым разрушением ЛО через определенное время - срыв пузыря (модель обеднения ГЖС газом не дает наблюдаемого распределения);

• Объем вытесняемой из ЛО жидкости □21 мл;

• Время существования ЛО (минут) □796/I;

• Объем ЛО зависит от степени обеднения жидкостью и соотношения потоков (л/час) электролита (по 10-11 в О2 и Н2 линиях) и газов (2,5×I/k для О2 и 5,0×I/k для Н2 , где k□1,4 – коэффициент изменения объема газа для давления □150 кПа и температур +15-30□С).

Образование ЛО связано с конструкцией (пакет из нескольких слоев сеток) электролизера (более вероятно) или разделителей ГЖС. Вероятно, есть 2 ЛО (в О2 и Н2 линиях с общим объемом вытеснения 21 мл), которые могут иметь разный сдвиг по фазе относительно друг друга.

“Electron-VM” Electrolysis Oxygen Generation System of the International Space Station: Water Feed Time Intervals and the Gas Content Local Change in the Gas-Liquid Mixture Flow

Proshkin V.Yu.
JSC “NIIchimmash”, Moscow, Russia

The oxygen generation system (OGS) "Electron-VM" operates at the International Space Station (ISS). The processing unit (PU) of the OGS produces O2/H2 by water electrolysis (from an electrolyte solution of a □3 l volume) with electrolyte circulation through the O2/H2 chambers of the electrolyzer and the gas-liquid mixture (GLM) separation in static separators by porous diaphragms. With the electrolyzer (12 cells) current supply of I=10-64 A, the O2/H2 production is 25-160/50-320 normal l/h. Water supply to the PU: discrete portions of 70-110 ml (depending on the

individual settings of the buffer tank (BT)), with stable volumes (□5 ml spread) and supply times □1 min for each PU.

Analysis of the OGS operation on the ISS detected that the distribution of time intervals (TI) – DTI between the 2 successive water supplies does not follow the normal DTI law relative to the average value (AV) determined by the O2 production:

• 2 successive TI differ from the AV in "+" and "–", and at close values;

• There are 2 local maximums in the DTI, spaced by ±10-15% from the AV, the AV area is a local minimum;

• The total spread of TI is ±20-30% of the AV;

• Under certain conditions, the DTI gives 2 sinusoidal curves, mirrored relative to the line of AV;

• Individual TI can abruptly "drop out" from the total DTI.

The redistribution of the ratio gas liquid in the GLM flow in the local area (LA) of PU was modeled. The described DTI will be if:

• During the PU operation, the liquid volume in the GLM changes (changes are compensated by the BT) due to the cyclic formation-destruction of LA;

• In the LA there is a depletion of the GLM with a liquid - the growth of a gas bubble, with a rapid destruction of the LA after a certain time – the bubble entrainment by flow; (model of the GLM depletion with gas does not give the observed DTI);

• The volume of liquid displaced from the LA is □21 ml;

• The lifetime of the LA (minutes) □796/I;

• The volume of the LA depends on the degree of depletion in liquid and the ratio of flows (l/h) of electrolyte (10-11 in O2/H2 lines), O2 (2.5×I/k), H2 (5.0×I/k), where k□1.4 is the gas volume change coefficient for a pressure of □150 kPa and temperatures of +15-30□C.

A LA is associated with the design (a stack of mesh layers) of the electrolyzer (more likely) or GMS separators. There are probably 2 LA (in the O2/H2 lines with a total liquid displaced volume of 21 ml), which can have a different phase shift relative to each other.

Стационарные системы и новые пожарные машины для быстрого тушения розливов авиационного топлива вокруг аварийно приземлившегося самолёта

Савелова К.Э., Чернышов М.В., Захматов В.Д.
БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

Ежегодно увеличивается количество катастроф с массовой гибелью людей при аварийном приземлении самолётов в аэропортах на взлётно-посадочную полосу (ВПП), несмотря на оснащение аэродромных пожарных команд пожарными автомобилями современных образцов по нормам ИКАО. Стоимость пожарных аэродромных автомобилей достигла 2,5 млн. евро, они перевозят до 20 т воды и огнетушащих растворов. На крыше кабины автомобиля установлены дистанционно управляемые лафетные стволы интенсивностью подачи 70-100 л/с. Каждый ствол имеет мощный насос. Однако они не гарантируют тушение пожара за малый (2-3 минуты) период времени, обеспечивающий выживание пассажиров. Сложность и высокая стоимость пневматических систем не позволяют оборудовать взлетно-посадочные полосы автоматическими системами тушения, дистанционно управляемых компьютерами по показаниям датчиков. До настоящего времени в мире не решена проблема тушения горящих самолётов и вертолётов при аварийной посадке вследствие:

1) большой (400-2500 кв. м) площади горения розлива авиабензина вокруг остановившегося после аварийного приземления самолёта;

2) быстрого движения самолёта по ВПП, сопровождающегося утечкой авиабензина, его быстроразвивающимся горением, раздуваемым встречным потоком воздуха.

3) высока опасность взрыва при тушении остановившегося самолёта, окружённого «озером» горящего авиабензина, и проникновении пламени внутрь самолёта;

4) время тушения от момента остановки аварийного самолёта ограничено 1-2 минутами, на протяжении которых борт самолёта может защитить пассажиров [1, 2].

Предлагается новая технология тушения воздушных судов импульсными газокапельными шквалами и газопорошковыми вихрями с широким фронтом, способными тушить до 600-1500

кв. м за секунду. Эти вихри и шквалы создаются многоствольными, залпово-распылительными модулями. Автономно и всепогодно работающие модули, не имеющие трубопроводов, мощных насосов, шлангов, систем вертикального и горизонтального наведения, впервые способны создать эффективно работающие линии пожаротушения вдоль всей ВПП. Другой вариант состоит в использовании мобильных многоствольных модулей на шасси аэродромных автомобилей – для тушения на ВПП, вездеходов – для тушения самолёта, выкатившегося за пределы ВПП, и других.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (НИР «Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», FZWF-2020-0015).

1. Захматов В.Д., Чернышов М.В. Системы повышения живучести стартового оборудования путем теплозащиты от пламени ракетных двигателей // XXV Всероссийский семинар с международным участием по струйным, отрывным и нестационарным течениям. Тезисы докладов. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2018. С. 105.

2. Захматов В.Д., Чернышов М.В., Ширшов А.Н., Озеров А.В. Системы немедленного тушения возгораний и локализации вспышек, взрывов на испытательных стендах авиационных и ракетных двигателей, также стартовых ракетных комплексов и взлетно-посадочных полос // Восьмые Уткинские чтения: труды общерос. науч.-техн. конф. / СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2019. С. 57-59.

Stationary systems and new fire engines to quickly extinguish aviation fuel spills around an emergency landing aircraft

Savelova K.E., Chernyshov M.V., Zakhmatov V.D.
BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

The number of accidents with massive loss of life in case of emergency landing of aircraft at airports on the runway (runway) is increasing annually, despite the equipping of airfield fire brigades with modern fire trucks according to ICAO standards. The cost of fire-fighting aerodrome vehicles has reached 2.5 million euros, they transport up to 20 t of water and fire-extinguishing solutions. Remote-controlled fire monitors with a flow rate of 70-100 l/s are installed on the roof of the car's cab. Each barrel has a powerful pump. However, they do not guarantee extinguishing a fire in a short (2-3 minutes) period of time, ensuring the survival of passengers. The complexity and high cost of pneumatic systems do not allow equipping runways with automatic extinguishing systems, remotely controlled by computers according to the readings of sensors. Until now, the problem of extinguishing burning aircraft and helicopters during an emergency landing has not been solved in the world due to: 1) a large (400-2500 sq. M.) Area of burning of the filling of aviation gasoline around the aircraft that stopped after an emergency landing;2) the rapid movement of the aircraft along the runway, accompanied by the leakage of aviation gasoline, its rapidly developing combustion, inflated by the oncoming air flow. 3) there is a high risk of explosion when extinguishing a stopped aircraft surrounded by a "lake" of burning aviation gasoline, and the penetration of the flame into the aircraft; 4) the time of extinguishing from the moment of stopping the damaged aircraft is limited to 1-2 minutes, during which the aircraft board can protect passengers [1, 2].

A new technology is proposed for extinguishing aircraft with pulsed gas-droplet squalls and gas-powder vortices with a wide front, capable of extinguishing up to 600-1500 sq.m per second. These vortices and squalls are created by multi-barrel, salvo-spray modules. Autonomous and all-weather working modules without pipelines, powerful pumps, hoses, vertical and horizontal guidance systems, are for the first time capable of creating efficient fire extinguishing lines along the entire runway. Another option is to use mobile multi-barreled modules on the chassis of airfield vehicles - for extinguishing on the runway, all-terrain vehicles - to extinguish an aircraft that rolls out of the runway, and enother.

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (R&D “Creation of an advanced scientific and technical groundwork in the development of advanced technologies for small gas turbine, rocket and combined engines of ultralight launch vehicles, small spacecraft and unmanned aerial vehicles, providing priority positions of Russian companies in the emerging global markets of the future ”, FZWF-2020-0015).

1. Zakhmatov V.D., Chernyshov M.V. Systems for increasing the survivability of launch equipment by thermal protection from the flame of rocket engines // XXV All-Russian seminar with international participation on jet, separation and unsteady flows. Abstracts of reports. SPb .: Balt. state tech. un-t, 2018.S. 105.

2. Zakhmatov V.D., Chernyshov M.V., Shirshov A.N., Ozerov A.V. Systems for immediate extinguishing of fires and localization of flares, explosions on test benches of aircraft and rocket engines, as well as launching missile systems and runways. scientific and technical conf. / SPb .: Balt. state tech. un-t, 2019.S. 57-59.

Использование аналогии между массо- и теплообменом для анализа и расчета параметров процесса обратного осмоса при регенерации воды на космической станции

Сальников Н.А., Бобе Л.С.

АО «НИИхиммаш», г. Москва, Россия

При регенерации санитарно-гигиенической воды на космической станции предполагается применение низконапорного обратного осмоса. Особенностью данного процесса на космической станции является необходимость извлечения очищенной воды до 98% в замкнутом цикле и соответствующее увеличение концентрации моющего средства в очищаемой воде в 50 раз по сравнению с получаемой после мытья и стирки. В этом случае интенсивность процесса низконапорного обратного осмоса должна существенно зависеть от концентрационной поляризации. Однако экспериментальные исследования этого не подтвердили. Процесс удалось проанализировать с использованием аналогии между массообменом и теплообменом в пограничном слое потока, обтекающего полупроницаемую обратноосмотическую мембрану. Возможность использования аналогии здесь не является очевидной, т.к. число Льюиса в циркулирующем очищаемом растворе сильно отличается от единицы и составляет Le = a/D = 80...110. Однако сложность гидродинамического течения в плоском канале с разделительной сеткой делает анализ на основе аналогии наиболее предпочтительным.

Исследования по обратноосмотической очистке воды от общепринятого моющего средства и на модельном растворе NaCl проводились при циркуляции через обратноосмотический модуль с условно плоским каналом размерами 470×1160×0,7 мм и разделяющей сеткой толщиной 0,7 мм с ячейками 4×4 мм. При числах Re = 10...130; Pr ≈ 7; PrD = 560...800; комплекса Pe*d/l = 0,1...2,6 (PeD*d/l = 10...200) при неучете разделяющей сетки и комплекса Pe*d/l = 15...300 (PeD*d/l = 1200...24000) при учете разделяющей сетки.

Экспериментальные данные по массообмену в пограничном слое напорного канала обобщены соотношениями аналогии NuD×W2гр = Nu0×(PrD/Pr)n×f(B), где n = 0,10...0,33, Nu0 = 7,54 или Nu0 = 1,85(Pe*d/l)n; f(B) = [((1+B)0,5-1) / (0,5B)]2, где B = (W1гр -W1∞)/(1 -W1гр). Показано, что в связи с большой интенсивностью конвективного массообмена концентрационная поляризация не оказывает определяющего влияния на интенсивность процесса.

Application of the analogy between mass and heat transfer for the analysis and calculation of the reverse osmosis’ parameters during water processing aboard a space station

Salnikov N.A., Bobe L.S.

JSC “NIIchimmash”, Moscow, Russia

Low pressure reverse osmosis is supposed to be used for hygiene water processing aboard a space station. The feature of this process aboard a space station is the necessity to return up to 98% purified water to a closed loop and a corresponding 50 times increase in the detergent concentration of the processing water in comparison to water obtained after taking a shower and washing clothe. In this

case, the intensity of the low-pressure reverse osmosis should substantially depend on the concentration polarization. However, experimental studies have not confirmed this. The process was analyzed using the analogy between mass transfer and heat transfer in the boundary layer of the flow moving along a semipermeable reverse osmosis membrane. The possibility of the analogy use is not obvious, since the Lewis number in the circulating purifying solution is very different from 1 and is Le = a / D = 80 ... 110. However, the complexity of the hydrodynamic flow in a flat channel with a dividing grid makes the analysis based on analogy the most preferable.

Studies on reverse osmosis water purification from a conventional detergent and from a NaCl solution were carried out while circulating through a reverse osmosis module with a conditionally flat channel with dimensions of 470 × 1160 × 0.7 mm and a dividing grid with a thickness of 0.7 mm and 4×4 mm cells. With numbers Re = 10 ... 130; Pr ≈ 7; PrD = 560...800; complex Pe * d / l = 0.1 ... 2.6 PeD*d/l = 10 ... 200) with neglect of the dividing grid and the complex Pe*d/l = 15... 300 (PeD*d/l = 1200 ... 24000) taking into account the dividing grid.

Experimental data on mass transfer in the boundary layer of the pressurized channel are generalized by analogy equations NuD×W2rp = Nu0×(PrD/Pr)n×f(B), where n = 0.10...0.33; Nu0 = 7.54 or Nu0 = 1.85(Pe*d/l)n; f(B) = [((1+B)0.5-1) / (0.5B)]2, where B = (W1bnd - W1∞) / (1 - W1bnd). It is shown that, due to the high intensity of convective mass transfer, concentration polarization does not limit the intensity of the process.

Экспериментальная отработка новых средств медико-психологического контроля для обитаемой Лунной базы

Сафронова К.П., Строгонова Л.Б., Гардуньо Р.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Факторы психоэмоционального перенапряжения окружают человека как в повседневной жизни, так и при выполнении работы. В космическом полете человек так же подвержен различным стрессовым воздействиям, что может привести к изменению психологического статуса, повышенной утомляемости и низкой работоспособности. При таких условиях успех выполнения космического полета находится под вопросом, а риск жизни и здоровью человека значительно возрастает. Чтобы предупредить состояния, возникающие из-за длительного стрессового воздействия, приводящие к нарушению работоспособности человека, в том числе, переутомление, хроническую усталость и эмоциональную депривацию, необходимо разработать систему медицинского и психологического контроля для мониторинга психофизиологического состояния человека.

Подобное средство предполагает объективную оценку психофизиологического состояния человека в режиме реального времени, неинвазивно и непрерывно. Поскольку факторы стресса и их влияние на человека являются одними из самых сложных в визуальной и поверхностной оценке, предлагается сосредоточится на взаимосвязи между психофизиологическим состоянием и одним из важнейших метаболических показателей нашего тела: глюкозой. Существуют исследования, проведенные на животных, указывающие на корреляционную зависимость между изменениями уровня глюкозы в крови и стрессорными гормонами [1]. Более того, изучен адаптационный синдром [2]. Он заключается в том, что стрессоры через органы чувств активируют гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему. Надпочечники, в свою очередь, состоят из коры и мозгового вещества, которые выделяют адреналин, а кора, в свою очередь, выделяет глюкокортикоиды. Глюкокортикоиды увеличивают концентрацию глюкозы в крови, в основном за счет увеличения глюконеогенеза в печени, что приводит к изменению концентрации глюкозы в крови. Однако, на сегодняшний день, не проводилось массовое исследование влияния разовой стрессовой нагрузки на уровень глюкозы в крови человека. Проведенные в условиях моделируемой невесомости («сухая» иммерсия) показали, что подобная корреляция существует. Однако анализируемая экспериментальная выборка недостаточна для корректных выводов

Предлагается проведение исследования на добровольцах, молодых людях 21-25 лет, в ходе которого будут проводится измерения глюкозы крови и кортизола слюны до разовой

стрессовой нагрузки, сразу после и через 10 минут после. Разовую стрессовую нагрузку будут представлять когнитивные тесты, апробированные в космической медицине и применяемые, в том числе, в пилотируемых космических полетах. Далее предлагается применить метод корреляционно-регрессионного анализа (КРА) с использованием эмпирической вероятностной связью между переменными. Математический анализ показывает возможность существования такой связи.

Литература:

1. Залаева А.Б. «Влияние глюкокортикоидов на уровень глюкозы в крови у мышей», Международный студенческий научный вестник. – 2017. – №6

2. Г. Селье. – Очерки об адаптационном синдроме, М., 1960

Experimental development of new means of medical and psychological control for a habitable lunar base

Safronova K.P., Strogonova L.B., Garduno R.A.

MAI, Moscow, Russia

Factors of psychoemotional overstrain surround a person both in everyday life and when doing work. In space flight, a person is also subject to various stressful influences, which can lead to a change in psychological status, increased fatigue and low working capacity. Under such conditions, the success of a space flight is in question, and the risk to human life and health increases significantly. In order to prevent conditions that arise due to prolonged stress exposure, leading to a violation of human performance, including fatigue, chronic fatigue and emotional deprivation, it is necessary to develop a system of medical and psychological control to monitor the psychophysiological state of a person.

Such a tool assumes an objective assessment of the psychophysiological state of a person in real time, noninvasively and continuously. Since stress factors and their impact on a person are among the most difficult to visually and superficially assess, it is proposed to focus on the relationship between the psychophysiological state and one of the most important metabolic indicators of our body: glucose. There are studies conducted on animals indicating a correlation between changes in blood glucose levels and stress hormones [1]. Moreover, the adaptation syndrome has been studied [2]. It consists in the fact that stressors activate the hypothalamic-pituitary-adrenal system through the senses. The adrenal glands, in turn, consist of the cortex and medulla, which secrete adrenaline, and the cortex, in turn, secretes glucocorticoids. Glucocorticoids increase the concentration of glucose in the blood, mainly due to an increase in gluconeogenesis in the liver, which leads to a change in the concentration of glucose in the blood. However, to date, there has not been a mass study of the effect of a single stress load on the level of glucose in human blood. Conducted in simulated weightlessness ("dry" immersion) showed that such a correlation exists. However, the analyzed experimental sample is insufficient for correct conclusions

It is proposed to conduct a study on volunteers, young people 21-25 years old, during which blood glucose and saliva cortisol will be measured before a single stressful load, immediately after and 10 minutes after. Cognitive tests tested in space medicine and used, including in manned space flights, will represent a one-time stress load. Next, it is proposed to apply the method of correlation and regression analysis (CRA) using an empirical probabilistic relationship between variables. Mathematical analysis shows the possibility of such a connection.

References:

1. Zalaeva A.B. "The effect of glucocorticoids on blood glucose levels in mice", International Student Scientific Bulletin. - 2017. - No. 6

2. G. Selye. - Essays on the adaptation syndrome, M., 1960

Методика выбора параметров беспилотного летательного аппарата с учетом функционирования в составе группы аппаратов

Селин А.И., Туркин И.К.
МАИ, г. Москва, Россия

Перспективным направлением в тактике применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) специального назначения является их объединение в группы или в рой.

Анализ существующих ЛА, применяющихся в составе группы, и их составных частей выявил ряд особенностей, присущих рассматриваемому типу ЛА. К их числу относятся:

• Низкая стоимость ЛА;
• Малая масса и габариты;
• Высокая манёвренность;
• Высокая степень автоматизации;
• Достаточная дальность полета обеспечивающая запуск БЛА исключая вход носителя в эффективную зону противодействия противника.

На основе алгоритма формирования облика ударных БЛА, разработан проект алгоритма формирования облика групповых БЛА. С учетом требований тактико-технического задания (ТТЗ) и целевой эффективности выполнения операции (Wопер) формируются варианты облика БЛА. Также в соответствии с ТТЗ формируется облик целевого оборудования.

В техническом задании ТЗ задают количество БЛА в группе n (целое число) исходя из возможной полезной нагрузки, вероятности противодействия и возможностей носителя. Определяют требуемую вероятность выполнения операции одним БЛА.

Для каждого варианта определяют вероятность безотказной работы, вероятность противодействия проведению операции и на основе этих величин определяют эффективность действия целевого груза.

Затем находят для каждого варианта потребную массу целевого груза и производят расчет стартовой массы. После чего определяют затраты на единицу БЛА и сравнивая значения затрат, находят оптимальный вариант. Варьируя количество БЛА - и повторяя те же операции, определяют оптимальное число БЛА в группе.

Одной из главных задач формирования облика являются анализ объектов противодействия выполнению операций.

Задачу оценки целевой эффективности операции для группы БЛА можно свести к эффективности выполнения типовой операции Wопер. При этом обычно считают, что все БЛА, участвующие в операции, функционируют в одинаковых условиях и имеют одинаковые значения показателя эффективности.

Данная методика, хоть и основывается на известных ранее методиках, в настоящее время носит теоретический характер и требует практической апробации.

Литература:

1. К вопросу проектирования беспилотного летательного аппарата для решения разведывательных задач на море. Трохов Д.А, Туркин И.К. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, 2006

2. Управление полетом БПЛА в строю на основе координации взаимодействия группы летательных аппаратов. Ефанов В.Н. Мизин С.В. Неретина В.В. Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. Уфа, 2013.

3. Методика формирования облика беспилотных летательных аппаратов с силовой установкой на солнечной энергии: диссертация кандидата Технических наук: 05.07.02 / Самойловский Артем Александрович; [Место защиты: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет);], 2016.

4. Макаренко Сергей Иванович, Тимошенко Александр Васильевич, Васильченко Александр Сергеевич Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2020. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sredstv-i-sposobov-protivodeystviya-bespilotnym-

letatelnym-apparatam-chast-1-bespilotnyy-letatelnyy-apparat-kak-obekt (дата обращения: 14.06.2021).

Methodology of selecting parameters of unmanned aircraft with taking into account functioning as a group of vehicles

Selin A.I., Turkin I.K.
MAI, Moscow, Russia

A promising direction in the tactics of using special-purpose unmanned aerial vehicles (UAVs) is their unification in groups or in a swarm.

An analysis of the existing aircraft used as part of the group and their component parts revealed a number of features inherent in the type of aircraft under consideration. These include:

- Low cost of aircraft;
- Low weight and dimensions;
- High maneuverability;
- High degree of automation;
- Sufficient flight range to ensure the launch of the UAV, excluding the entry of the carrier into the effective zone of enemy countermeasures.

On the basis of the algorithm for the formation of the shape of shock UAVs, a draft algorithm for the formation of the appearance of group UAVs has been developed. Taking into account the requirements of the tactical and technical assignment (TTZ) and the target efficiency of the operation (Woper), variants of the appearance of the UAV are formed. Also, in accordance with the TTZ, the appearance of the target equipment is formed.

In the terms of reference of the TK, the number of UAVs in the group n (an integer) is set based on the possible payload, the probability of countermeasures and the capabilities of the carrier. Determine the required probability of performing the operation by one UAV.

For each option, the probability of failure-free operation is determined, the probability of opposition to the operation, and on the basis of these values, the effectiveness of the action of the target load is determined.

Then the required mass of the target cargo is found for each option and the starting mass is calculated. After that, the costs per unit of the UAV are determined and the optimal option is found by comparing the cost values. By varying the number of UAVs and repeating the same operations, the optimal number of UAVs in the group is determined.

One of the main tasks of the formation of the image is the analysis of objects of opposition to the execution of operations.

The task of assessing the target efficiency of an operation for a group of UAVs can be reduced to the efficiency of a typical operation Woper. At the same time, it is usually believed that all UAVs participating in the operation operate under the same conditions and have the same values of the efficiency indicator.

This technique, although it is based on previously known techniques, is currently theoretical in nature and requires practical testing.

Использование прямого метода оптимизации при проектировании траектории возвращаемого ракетного блока

Сесюкалов В.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Исследуется задача оптимального управления спуском отработавшей первой ступени ракеты-носителя (РН). Полагаем, что траектория спуска этой ступени (ракетного блока) принадлежит плоскости траектории РН, которая предполагается известной. Земля и атмосфера полагаются неподвижными. Критерием оптимизации рассматривается максимальное значение поперечной перегрузки спускающегося ракетного блока. Этот критерий минимизируется. Предполагается заданным место посадки ракетного блока своей дальностью от стартового комплекса. В работе предлагается алгоритм проектирования траектории многоразового ракетного блока.

Аэродинамическая модель ракетного блока полагается известной.

С учетом успехов компании SpaceX, исследуется такая структура закона управления движением на траектории спуска на Землю, при которой реализуется два активных участка. Первый из них расположен в районе апогея орбиты ракетного блока. Он обеспечивает снижение скорости входа в атмосферу и корректировку района посадки ракетного блока на землю. Второй активный участок расположен в конце траектории спуска на землю. Продолжительность первого активного участка и тяга двигательной установки на нем (она считается постоянной) определяются с учетом обеспечения заданной дальности полета.

Управление движением на активном участке обеспечивается выбором программы угла тангажа, которая рассматривается линейной. То есть закон управления движением на активном участке фиксируется двумя выбираемыми параметрами: углом тангажа в начальной точке активного участка и скоростью обкатки по тангажу.

Общее число выбираемых параметров схемы полета рассматривается равным 10 (4 параметра, определяющие программу по тангажу; 4 параметра, определяющие время начала и конца активных участков; величина тяги двигательной установки на активных участках). Решение транспортной задачи описывается тремя ограничениями типа равенства: дальность полета ракетного блока, компоненты скорости ракетного блока в момент посадки на землю. Учитывается ограничение, связанное с массой располагаемого топлива, которое может быть использовано для возврата. Эта масса считается заданной.

Разработанный алгоритм предполагает, что решение транспортной задачи обеспечивается выбором параметров закона управления на втором активном участке. На нем ракетный блок выполняет маневр разворота и совершает мягкую посадку на поверхность Земли. При этом остальные параметры закона управления движением (параметры закона управления движением на первом активном участке) используются для оптимизации траектории спуска.

Приводится численный анализ зависимости максимального значения поперечной перегрузки от значений параметров управления и оптимальная траектория спуска ракетного блока для одного варианта двухступенчатого РН среднего класса.

Application of direct method of optimization to trajectory design of reusable rocket stage

Sesyukalov V.A.
MAI, Moscow, Russia

Optimal control problem of reusable launcher's first stage descent is investigated. Assume that the descent trajectory of this stage lie at launcher trajectory plane, which presume adjusted. Earth and its atmosphere presume static. Criterion of optimality is a lateral acceleration maximum value of descending rocket stage. This criterion is minimized. Landing site of stage is presumed given by its distance from launching pad area. The paper proposes an algorithm to trajectory design of reusable rocket stage.

Aerodynamic model of rocket stage assumes adjusted.

Taking into account recent success of SpaceX company the structure of motion control law on descending Earth trajectory is studied as realizing two burning phases. First is located in apogee area of stage trajectory. It provides entry velocity reduction and landing site area correction. Second burn is located at the end of descending trajectory. The first burn time duration and thrust (which considered constant) compute with range of flight constraints.

Motion control during the burn is provided by choosing pitch angle law which considered linear. That is motion control law on burning phase is fixed by two estimating parameters: pitch angle at the burn start point and pitch angle rate of change.

Total amount of estimating parameters at flight scheme is ten (four parameters describing pitch angle law; four parameters describing burning start and finish time; burning thrust magnitude). Solution of transport problem is described by three equality constraints: stage range of flight, velocity vector components at the landing moment. Available propellant mass which can be used to return is taken into account as a constraint. This propellant mass considered to be given.

Developed algorithm implies that the solution of transport problem relies on estimating control law parameters on second burn. During second burn stage performs a turn maneuver and commits

cushioned landing on Earth surface. Moreover the lasting parameters of motion control law (parameters of motion control law on first burn) are used to optimize descent trajectory.

Relation of lateral acceleration maximum value with control parameters value and optimized descent trajectory of stage regarded as a part of two-stage medium-lift launcher is demonstrated by numerical analysis.

Селективное обнаружение утечек водорода термокаталитическими сенсорами

[1]Талипов В.А., [2]Иванов И.И., [1]Баранов А.М.

[1]МАИ, [2]ООО "НТЦ ИГД", г. Москва, Россия

Одним из перспективных направлением развития водородных технологий является создание водородных ракетных двигателей, в частности, для семейства ракет Ангара, а также двигателе для воздушного и автомобильного транспорта. Однако использование водородного горючего сталкивается с трудностями его хранения и высокой взрывоопасности в смеси с воздухом в объемном соотношении 2:1. В связи с этим актуальным является разработка методик селективного обнаружения утечек водорода с цель предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций. В связи с этим разрабатываются приборы и методики селективного обнаружения утечек водорода довзрывоопасных концентраций

На основе классического метода обнаружения горючих газов с помощью термокаталитических сенсоров была разработана методика, с помощью которой возможно выявление водорода при разных температурах горения газов. Каталитические сенсоры был подключены к баллонам водорода и углеводорода через ротаметры, для регулировки натекания газов. В результате чего были получены зависимости отклика сенсора от температуры для водорода и некоторых предельных углеводородов. Для проведения эксперимента были использованы водород с концентрацией 0,96% и углеводороды метан, пропан, бутан с концентрациями 0,47%, 1,01%, 0,666%, соответственно. На основе построенных зависимостей был сделан вывод о том, что начало каталитического окисления различных газов на поверхности каталитического сенсора происходит при различных температурах. В среде водорода процесс окисления начинается практически при комнатной температуре и оптимальное значение для работы составляет порядка 100-120 °C.

Проанализировав реальные значения данных, выявленных опытным путем, и идеальные, выведенных формулами, то в смеси водорода с метаном получается 0,576% об. и 0,523% об. соответственно. Таким образом, можно селективно выделять водород из состава горючей газовой смеси с помощью каталитических сенсоров и определить его концентрацию в диапазоне нижнего предела взрываемости с величиной ошибки измерения ±10%. Рассмотренный метод, работающий при пониженных температурах реакции, снижают риск возгорания горючих газовых смесей, а также являются энергоэффективными методами и позволяют использовать сенсоры в беспроводных сенсорных сетях.

Selective detection of hydrogen leaks by thermocatalytic sensors

[1]Talipov V.A., [2]Ivanov I.I., [1]Baranov A.M.

[1]MAI, [2]NTC IGD LLC, Moscow, Russia

One of the promising areas of development of hydrogen technologies is the creation of hydrogen rocket engines, in particular, for the Angara rocket family, as well as an engine for air and road transport. However, the use of hydrogen fuel faces difficulties in its storage and high explosion hazard in a mixture with air in a volume ratio of 2:1. In this regard, it is relevant to develop methods for selective detection of hydrogen leaks in order to prevent the occurrence of emergencies. In this regard, devices and methods for selective detection of hydrogen leaks of pre-explosive concentrations are being developed

Based on the classical method of detecting combustible gases with the help of thermocatalytic sensors, a technique has been developed by which it is possible to detect hydrogen at different gorenje temperatures of gases. Catalytic sensors were connected to hydrogen and hydrocarbon cylinders via rotameters to adjust the flow of gases. As a result, the temperature dependences of the sensor response for hydrogen and some limiting hydrocarbons were obtained. Hydrogen with a concentration of

0.96% and hydrocarbons methane, propane, butane with concentrations of 0.47%, 1.01%, 0.666%, respectively, were used for the experiment. Based on the constructed dependencies, it was concluded that the onset of catalytic oxidation of various gases on the surface of the catalytic sensor occurs at different temperatures. In the hydrogen environment, the oxidation process begins almost at room temperature and the optimal value for operation is about 100-120 ° C.

Having analyzed the real values of the data revealed experimentally, and the ideal ones derived by formulas, then in a mixture of hydrogen and methane, 0.576% vol. and 0.523% vol. are obtained, respectively. Thus, it is possible to selectively isolate hydrogen from the composition of a combustible gas mixture using catalytic sensors and determine its concentration in the range of the lower explosive limit with a measurement error of ± 10%. The considered method, operating at low reaction temperatures, reduces the risk of ignition of combustible gas mixtures, and also are energy-efficient methods and allow the use of sensors in wireless sensor networks.

Проектирования траектории низкоэнергетического перелета на окололунную орбиту

Тант А.М.

МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается задача проектирования низкоэнергического перелета на окололунную орбиту. Предполагаются заданными: высота и наклонение околоземной круговой орбиты; высота конечной круговой окололунной орбиты (Hf). Требуется найти схему низкоэнергетического импульсного перелета космического аппарата (КА) на конечную окололунную орбиту. Под низкоэнергетической траекторией перелета понимается траектория, на которой, используя эффекты ограниченной задачи четырех тел (Земля-Луна-Солнце-КА), удается уменьшить энергетику перелета по сравнению со схемой двухимпульсного прямого быстрого лунного перелета,

Результатом исследования является оценка основных пяти характеристик, определяющих условия старта КА с низкой околоземной базовой орбиты и всей схемы перелета;

1. Дата старта с околоземной орбиты (Tst);
2. Радиус апогея окулирующей геоцентрической орбиты, на которую КА выводится первым импульсом скорости при старте с околоземной орбиты (ra);
3. Долгота восходящего узла стартовой околоземной орбиты (**Ω**);
4. Аргумент широты точки старта с околоземной орбиты (uo);
5. Время перелета на окололунную орбиту (tp).

Считается известной эпоха старта. Траектория КА рассчитываются с учетом гравитационного влияние Земли, Луны и Солнца на всей перелетной траектории, Положения и скорости небесных тел определяются с помощью эфемероидного обеспечения DE-405

В рассматриваемой постановке транспортная задача заключается в попадании КА в точку окрестности Луны с высотой Hf над лунной поверхностью: Hf(Tst, ra, **Ω**, uo,tp)=Hf (1)

Сформулированную задачу можно рассматривать как задачу математического программирования в пространстве 5-ти выбираемых параметров, одного ограничения типа равенства и ограничений типа неравенства, обеспечивающих не столкновение КА с Луной и Землей. Критерием оптимизации перелетной траектории можно рассматривать или суммарный импульс скорости на траектории перелета или величину импульса скорости, который сообщается КА в конце перелета, обеспечивая выведение КА на окололунную орбиту ΔV2(Tst, ra, **Ω**, uo,tp)=ΔV2((Tst, ra, **Ω**, uo,tp).

Предполагается, что КА попадает в окрестность Луны через окрестность одной из точек либрации системы Земля–Луна L1 и L2. При этом на первом этапе исследования находятся такие параметры схемы перелета (Tst, ra, **Ω**, uo), и такое время движения КА до окрестности выбранной точки либрации (t1), при которых минимальна сумма трех величин:

SumΔ(Tst, ra, **Ω**, uo,tp) =ΔL+ |ra - raL| +|ra - raL|

где ΔL - расстояния КА от точки либрации; |ra - raL| – модуль разницы радиуса апогея геоцентрической оскулирующей орбиты в момент t1 и оскулирующего апогея точки либрации; |ra - raL| – модуль разницы радиуса перигея геоцентрической оскулирующей орбиты в момент t1 и оскулирующего перигея точки либрации.

Анализ зависимости ∑Δ как функции даты старта в рассматриваемую эпоху дает возможность выбрать относительно небольшое число дат старта. Эти даты и рассматриваются как начальное приближение при поиске низкоэнергетических траекторий перелета. На последующих этапах анализа траектория «продолжается» от момента t1 до момента сближения КА с Луной. Анализируется зависимость (1), то есть обеспечивается требуемая высота окололунной орбиты и требуемый импульс скорости. На последнем этапе анализируется задача на условный минимум в пространстве 5-ти параметров схемы перелета. Минимизируется требуемый импульс скорости для перехода с перелетной орбиты на конечную окололунную орбиту.

Designing of a low-energy flight trajectory to lunar orbit

Aung M.M.
MAI, Moscow, Russia

The problem of designing a low-energy transfer to a circumlunar orbit is considered. It is assumed given: the height and inclination of the near-earth circular orbit; the height of the final circular circumlunar orbit (Hf). It is required to find a scheme of a low-energy impulsive flight of a spacecraft (SC) to a final circumlunar orbit. A low-energy flight trajectory is understood as a trajectory on which, using the effects of the restricted four-body problem (Earth-Moon-Sun-SC), it is possible to reduce the energy of the flight in comparison with the scheme of a two-pulse direct fast lunar flight,The result of the study is an assessment of the main five characteristics that determine the conditions for launching a spacecraft from a low near-earth base orbit and the entire flight scheme;

1. Date of launch from near-earth orbit (Tst);
2. The radius of the apogee of the oculating geocentric orbit, into which the spacecraft is launched by the first velocity impulse when starting from a near-earth orbit (ra);
3. Longitude of the ascending node of the starting near-earth orbit (Ω);
4. Argument of the latitude of the launch point from the near-earth orbit (uo);
5. Time of flight to a circumlunar orbit (tp).

red formulation, the transport problem consists in the SC hitting a point in the vicinity of the Moon with a height Hf above the lunar surface: Hf (Tst, ra, Ω, uo, tp) = Hf (1)

The formulated problem can be considered as a mathematical programming problem in the space of 5 selectable parameters, one equality-type constraint and inequality-type constraints that ensure that the spacecraft does not collide with the Moon and the Earth. The criterion for optimizing the flight trajectory can be considered either the total velocity impulse on the flight path or the magnitude of the velocity impulse that is reported to the spacecraft at the end of the flight, ensuring the spacecraft is injected into the circumlunar orbit ΔV2 (Tst, ra, Ω, uo, tp) = ΔV2 ((Tst, ra , Ω, uo, tp).

It is assumed that the spacecraft enters the vicinity of the Moon through the vicinity of one of the libration points of the Earth – Moon system L1 and L2. At the same time, at the first stage of the study, such parameters of the flight pattern (Tst, ra, Ω, uo) and such time of spacecraft movement to the vicinity of the selected libration point (t1) are found, at which the sum of the three values is minimal:

SumΔ (Tst, ra, Ω, uo, tp) = ΔL + | ra - raL | + | ra - raL |

where ΔL is the spacecraft distance from the libration point; | ra - raL | is the modulus of the difference between the apogee radius of the geocentric osculating orbit at the moment t1 and the osculating apogee of the libration point; | ra - raL | is the modulus of the difference between the perigee radius of the geocentric osculating orbit at time t1 and the osculating perigee of the libration point.

Analysis of the dependence of ∑Δ as a function of the launch date in the epoch under consideration makes it possible to choose a relatively small number of launch dates. These dates are considered as an initial approximation in the search for low-energy flight trajectories. At the subsequent stages of the analysis, the trajectory "continues" from the moment t1 to the moment the spacecraft approaches the Moon The required velocity impulse for the transition from the transfer orbit to the final circumlunar orbit is minimized.

Приоритизация проектов роботизации технологических переделов промышленных предприятий

Тарасенко А.С., Шемонаева Е.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время существует тенденция широкого внедрения в производство цифровых технологий, в том числе связанных с автоматизацией производственных процессов с применением промышленных роботов (далее роботизация). При этом при внедрении роботизированных технологий в производство первым встает вопрос приоритетности производственного процесса.

В общем случае на предприятиях существуют следующие основные технологические переделы, как правило, присущие любому из предприятий аэрокосмической отрасли полного цикла: литейное производство, кузнечно-прессовое производство, заготовительно-штамповочное производство, механообрабатывающее производство, агрегатно-сборочное производство, изготовление резинотехнических изделий, сборочное производство (окончательная сборка) и монтажные работы, производство изделий из композиционных материалов, производство топливных баков и трубопроводов. Каждому из перечисленных переделов соответствует ряд основных применяемых в нем технологий, которые можно или нужно роботизировать.

Например, если рассматривать агрегатно-сборочное производство, то в этом переделе имеют место такие технологии как сборка узлов (шпангоутов, панелей, окантовок, лючков и т.п.) и агрегатов (отсеки, балки и т.п.) в сборочных приспособлениях, герметизация, клеесварка, клепка, сварка и т.д. В производстве изделий из композиционных материалов применяется формование, полимеризация, сушка в печах, намотка, выкладка, пропитка, слесарные работы, склеивание и т.д. Аналогично и по другим переделам применяется множество различных технологий.

Таким образом, решение вопроса целесообразности выбора того или иного процесса под роботизацию является актуальным.

Целью данной работы является определение приоритетных направлений роботизации производственных процессов основных технологических переделов промышленных предприятий аэрокосмической отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Из технологических переделов выделить конкретные технологические или производственные процессы для роботизации.
2. Разработать критерии оценивания и провести оценку выделенных под роботизацию технологий.
3. Определить приоритеты технологических процессов под роботизацию.

Prioritization of projects of robotization of technological redistribution of industrial enterprises

Tarasenko A.S., Shemonaeva E.S.
MAI, Moscow, Russia

Currently, there is a tendency for widespread introduction of digital technologies into production, including those related to the automation of production processes using industrial robots (hereinafter referred to as robotization). At the same time, when introducing robotic technologies into production, the first question is the priority of the production process.

In general, enterprises have the following main technological redistributions, as a rule, inherent in any of the full-cycle aerospace enterprises: foundry, press-forging production, blank-stamping production, machining production, assembly and assembly production, manufacture of rubber products, assembly production (final assembly) and installation work, production of composite materials, production of fuel tanks and pipelines. Each of the listed redistributions corresponds to a number of basic technologies used in it, which can or should be robotized.

For example, if we consider the assembly and assembly production, then in this redistribution there are such technologies as the assembly of units (frames, panels, edging, hatches, etc.) and assemblies

(compartments, beams, etc.) in assembly devices, sealing, gluing, riveting, welding, etc. In the production of products from composite materials, molding, polymerization, oven drying, winding, laying out, impregnation, locksmithing, gluing, etc. are used. Similarly, many different technologies are used for other redistributions.

Thus, the solution to the question of the expediency of choosing a particular process for robotization is relevant.

The purpose of this work is to determine the priority directions of robotization of production processes of the main technological stages of industrial enterprises of the aerospace industry.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following main tasks:

1. From technological redistributions to single out specific technological or production processes for robotization.
2. Develop evaluation criteria and assess the technologies allocated for robotization.
3. Determine the priorities of technological processes for robotization.

Формирование требований к приемной части КА на основе анализа источников радиоизлучения, устанавливаемых на рыболовных морских судах

Тарасов С.Е., Дерябин А.Л.
АО «ИСС», г. Железногорск, Россия

Мониторинг рыболовных морских судов необходимый процесс для обеспечения безопасности самих судов, охраны биологических ресурсов, контроля незаконного пересечения государственных морских границ.

Наиболее перспективными системами радиомониторинга являются космические системы, так как они обладают следующими преимуществами: глобальный обзор земной поверхности и оперативное получение информации о функционировании радиоэлектронных средств.

Применяющиеся на данный момент технические средства контроля морских судов не удовлетворяют современным требованиям, а именно не обеспечивается эффективный глобальный контроль местоположения и анализ состояния морских судов на федеральном, региональном и отраслевых уровнях. Поэтому задача разработки космических систем радиомониторинга является актуальной [1].

В данной работе проведен анализ источников радиоизлучения, устанавливаемых на рыболовных морских судах: абонентские терминалы систем подвижной спутниковой службы и терминалы автоматической идентификационной системы. Предложены качественные характеристики приемника бортового комплекса, устанавливаемого на космическом аппарате (КА), находящихся на средневысотных околоземных орбитах с значением высоты до 20000 км.

По результатам проведённого анализа источников радиоизлучения рассчитаны параметры антенной системы, устанавливаемой на КА при необходимом отношении сигнал/шум в 15 дБ. Добротность приемника должна быть не менее 16 дБ/К [2]. В качестве антенной системы предложено использовать двухмерную антенную решетку со сканированием для мониторинга систем подвижной спутниковой службы Iridium, Inmarsat, Globalstar. Для обнаружения сигналов автоматических идентификационных систем и КА системы «Гонец» предложено использовать многолучевые антенные системы.

Литература:

1. Згуровский К.А. Система спутникового мониторинга рыболовства. Современное состояние и перспективы развития / Згуровский К.А., Приземлин В.В., Фомин С.Ю.// Москва-Мурманск: WWF России. – 2008. – 80 с.

2. Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.: ил. Парал. тит. англ.

Formation of requirements for the receiving part of the spacecraft based on the analysis of radio emission sources installed on fishing ships

Tarasov S.E., Deryabin A.L.
JSC “ISS”, Zheleznogorsk, Russia

Monitoring of fishing sea vessels is a necessary process to ensure the safety of the vessels themselves, the protection of biological resources, and the control of illegal crossing of state maritime borders.

The most promising radio monitoring systems are space systems, since they have the following advantages: a global view of the earth's surface and prompt receipt of information about the functioning of radio electronic means.

The currently used technical means of monitoring sea vessels do not meet modern requirements, namely, effective global control of the location and analysis of the state of sea vessels at the federal, regional and sectoral levels is not provided. Therefore, the task of developing space radio monitoring systems is urgent [1].

This paper analyzes the sources of radio emission installed on fishing sea vessels: subscriber terminals of the systems of the mobile satellite service and terminals of the automatic identification system. The qualitative characteristics of an onboard complex receiver installed on a spacecraft (SC) located in medium-altitude near-circular orbits with an altitude of up to 20,000 km are proposed.

Based on the results of the analysis of radio emission sources, the parameters of the antenna system installed on the spacecraft were calculated with the required signal-to-noise ratio of 15 dB. The quality factor of the receiver should be at least 16 dB / K [2]. As an antenna system, it is proposed to use a two-dimensional antenna array with scanning for monitoring systems of the mobile satellite service Iridium, Inmarsat, Globalstar. To detect signals from automatic identification systems and SC of the "Gonets" system, it is proposed to use multi-beam antenna systems.

References:

1. Zgurovsky K.A. Fisheries satellite monitoring system. Current state and development prospects / Zgurovsky K.A., Prizemlin V.V., Fomin S.Yu. // Moscow-Murmansk: WWF Russia. - 2008 .-- 80 p.

2. Sklar, Bernard. Digital communication. Theoretical foundations and practical application. Ed. 2nd, rev .: Per. from English - M .: Publishing house "Williams", 2003. - 1104 p .: ill. Paral. tit. English

Анализ вклада малых космических аппаратов в текущее состояние техногенного засорения области низких околоземных орбит

Усовик И.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Количество ежегодно запускаемых в мире малых космических аппаратов (МКА), начиная с 2013 г., стало резко увеличиваться. В течение последних 10 лет примерно каждые три года среднегодовое количество запускаемых КА увеличивается более чем в 2 раза. Данный рост связан исключительно с МКА и большими орбитальными группировками, и приводит к существенному изменению распределения космических объектов в области низких околоземных орбит. Концентрация каталогизированных КО на высотах от 300 до 600 км увеличилась в несколько раз, а на высоте функционирования системы Starlink и вовсе сравнялась с максимальным значением (на высоте ~ 800 км). Использование малых высот исключает долговременное накопление МКА, однако на ближайшие десятилетия существенно осложнит осуществление космической деятельности. Уже сейчас количество опасных сближений КА в области НОО существенно увеличилось.

В докладе рассмотрены тенденции изменения трафика запусков КА, проведен анализ концентрации каталогизированных объектов и представлены прогнозы изменения количества КО при различных сценариях будущих запусков МКА.

Литература: Усовик И.В. и др. Влияние запуска большого количества малых космических аппаратов и больших орбитальных группировок на техногенное засорение околоземного космического пространства. Белорусский космический конгресс 2017.

Analysis of contributing small spacecraft on space debris population in low Earth orbits region

Usovik I.V.
MAI, Moscow, Russia

The number of small spacecraft launched annually in the world has been increasing dramatically since 2013. Over the past 10 years, approximately every three years, the average annual number of spacecraft launched has increased by more than 2 times. This growth is associated exclusively with the smallsats and large orbital constellations, and leads to a significant change in the distribution of space objects in low Earth orbits region. Spatial density of cataloged SO at altitudes from 300 to 600 km has increased several times, and at altitude of Starlink system operation it has completely equaled the maximum value (at an altitude of ~ 800 km). The use of low altitudes excludes the long-term accumulation of smallsats, however, it will significantly complicate the implementation of space activities for the coming decades. Already, the number of dangerous spacecraft approaches in LEO region has increased significantly.

The report examines trends in the traffic of spacecraft launches, analyzes spatial density of cataloged objects and presents forecasts of changes in the number of spacecraft under various scenarios of future launches.

References: Usovik I.V. et al. The impact of launching a large number of small spacecraft and large orbital constellations on space debris in near-Earth space. Belarusian Space Congress 2017.

Защита объектов наземной инфраструктуры ракетных комплексов от пожаров и взрывов с помощью пожарных поездов

[1]Чернышов М.В., [1]Захматов В.Д., [2]Родионов В.В.
[1]БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия;
[2]Главное управление МЧС России по Республике Мордовия, г. Саранск, Россия

Применение пожарных поездов с многоствольными импульсно-распылительными модулями позволяет быстро тушить, например, пожары на стартовых площадках, а также уменьшить разрушительные последствия взрыва оборудования. Также существует целесообразность дополнительного оснащения существующих автоматических систем пожарозащиты на стартовых комплексах многоствольными модулями (ММ) залпового распыления. Модули устанавливаются на шасси железнодорожных платформ, так как это наиболее удобно по конструкции, массе и стойкости к многократной отдаче от распылительных залпов.

Выбор железнодорожной платформы определяется совокупностью причин: опыт размещения на железнодорожных платформах наиболее мощных артиллерийских орудий с большой отдачей от выстрела, развития сети железнодорожной колеи в зоне наземной инфраструктуры ракетных комплексов. Предлагается создать (возможно, параллельную) подсистему из нескольких платформ с ММ, расставленных вокруг стартовой площадки на расстояниях от 50 до 200 м, чтобы не нарушать работу стартового оборудования, не загромождать подъездных путей, но, в то же время, обеспечить эффективную, наиболее быструю теплозащиту стартовых конструкций от мощных струй пламени стартовых ракетных двигателей. Каждый залп дистанционно создаёт газопорошковый вихрь и масштабно сбивает пламя, а образующийся при этом газоводяной шквал интенсивно охлаждает объём пространства вокруг стартовых конструкций и их поверхность. Серия последовательных залпов создаёт эффективное комбинированное тушение и светотеплозащиту. Это позволит продлить срок работы дорогих стартовых конструкций, оборудования и, как следствие, сократить период и стоимость предстартовой подготовки, увеличить количество стартов, снизить количество регулярно заменяемого оборудования и конструкций.

В настоящее время авторы прорабатывают вопрос проектирования и изготовления опытно-промышленного образца пожарной железнодорожной платформы с многоствольными модулями импульсно-залпового распыления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (НИР «Создание опережающего научно-технического задела в

области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», FZWF-2020-0015).

Protection of ground infrastructure facilities of missile complexes from fires and explosions using fire trains

[1]Chernyshov M.V., [1]Zakhmatov V.D., [2]Rodionov V.V.
[1]BSTU "VOENMEH", Saint-Petersberg, Russia;
[2]Main Directorate of EMERCOM of Russia for the Republic of Mordovia, Saransk, Russia

The use of fire trains with multi-barreled pulse-spray modules allows you to quickly extinguish, for example, fires at launch sites, as well as reduce the destructive consequences of equipment explosion. There is also a feasibility of additional equipping the existing automatic fire protection systems at launch complexes with multi-barreled modules (MM) of salvo spraying. The modules are installed on the chassis of railway platforms, as it is the most convenient in terms of design, weight and resistance to multiple recoil from spray volleys.

The choice of a railway platform is determined by a combination of reasons: the experience of placing the most powerful artillery pieces on railway platforms with a high recoil from a shot, the development of a railway track network in the area of the ground infrastructure of missile systems. It is proposed to create a (possibly parallel) subsystem of several platforms with MM, placed around the launch pad at distances from 50 to 200 m, so as not to disrupt the operation of the launch equipment, not to clutter up access roads, but, at the same time, to provide an efficient, fastest thermal protection of starting structures from powerful jets of flame of starting rocket engines. Each volley remotely creates a gas-powder vortex and knocks down the flame on a large scale, and the resulting gas-water squall intensively cools the volume of space around the launch structures and their surface. A series of successive volleys creates an effective combined extinguishing and light and heat protection. This will extend the life of expensive starting structures and equipment and, as a result, reduce the period and cost of prelaunch preparation, increase the number of starts, and reduce the number of regularly replaced equipment and structures.

At present, the authors are working on the issue of designing and manufacturing a pilot-industrial model of a fire-fighting railway platform with multi-barreled pulse-salvo spraying modules.

This study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation during implementation of the project "Creating a leading scientific and technical reserve in the development of advanced technologies for small gas turbine, rocket and combined engines of ultra-light launch vehicles, small spacecraft and unmanned aerial vehicles that provide priority positions for Russian companies in emerging global markets of the future", No. FZWF-2020-0015.

Характеристики и метод поддержания движения солнечного паруса на гало-орбите около точки l2 в системе земля-луна

Юй Вэйцзе, Ву Куньсю
Самарский университет, г. Самара, Россия

В данной статье исследуется движение космического корабля с солнечным парусом около точки Лагранжа L2 в системе Земля-Луна в рамках ограниченной задачи трех тел. Исследование содержит: нахождение значений исходных фазовых координат (координаты и скорость) космического аппарата (КА) для стабильной гало-орбиты около точки Лагранжа L2 с помощью метода Lindstedt-Poincare [1] и метода дифференциальной коррекции [2]; изучение и сравнение характеристик движения КА с солнечным парусом на гало-орбитах, в том числе, рассматривается влияние различных значений парусности (отношение площади паруса к массе КА), различных углов ориентации солнечного паруса, различных положений Солнца и времени влияния давления света на параметры движения КА; влияния возмущений от не сферичности Земли и Луны, эллиптичности орбиты Луны, возмущение отражения света от Луны, возмущение силы тяжести четвертых тел и некоторые другие [3][4][5].

Целью данного исследования является использование солнечного паруса как одной из возможностей долгосрочного удержания КА на гало-орбите для организации ретрансляционной связи между Землёй и обратной стороной Луны или для исследований дальнего космоса [6]. Например, можно организовать использование солнечных парусов с небольшой парусностью для постепенной корректировки орбиты КА. В частности, для оптимальной коррекции орбит или изменения орбитальных параметров могут быть выбраны различные положения солнечного паруса, а также моменты открытия и закрытия зеркального покрытия жидкокристаллическими элементами переменной отражательной способности [7]. Кроме того, для оценки влияния различных возмущений на движение по гало-орбитам сравнивались и анализировались взаимосвязи между влиянием различных характеристик КА с солнечными парусами на параметры орбиты, и влиянием различных типов возмущения на параметры орбиты. На этой основе может быть получен содействующий метод управления, необходимый для реализации поддержания орбиты.

Литература:

1. Richardson D. L. A note on a Lagrangian formulation for motion about the collinear points //Celestial Mechanics. – 1980. – Т. 22. – №. 3. – С. 231-236.

2. Howell K. C. Three-dimensional periodic halo orbits //Celestial mechanics. – 1984. – Т. 32. – С. 53.

3. Gingiss A. J. Navigation analysis of Earth-Moon libration point missions: дис. – Massachusetts Institute of Technology, 1992.

4. Chongrui D., Fain M. K., Starinova O. L. Analysis and design of halo orbits in cislunar space //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 984. – №. 1. – С. 012033.

5. Folta D., Vaughn F. A survey of earth-moon libration orbits: stationkeeping strategies and intra-orbit transfers //AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit. – 2004. – С. 4741.

6. Ye P. J. et al. An overview of the mission and technical characteristics of Change'4 Lunar Probe //Science China Technological Sciences. – 2017. – Т. 60. – №. 5. – С. 658-667.

7. Mori O. et al. Deployment and steering dynamics of spinning solar sail" IKAROS" //Journal of Aerospace Engineering, Sciences and Applications. – 2012. – Т. 4. – №. 4. – С. 79-96.

Characteristics and method of maintaining the movement of the solar sail in halo orbit around the l2 point in the earth-moon system

Yu Weijie, Wu K.

SSAU, Samara, Russia

This article researches the motion of spacecraft with solar sail around the Lagrange point L2 in the Earth-Moon system in the framework of the restricted three-body problem. The research contains: finding the values of the initial phase coordinates (coordinates and speed) of the spacecraft for a stable halo orbit around the Lagrange point L2 using the Lindstedt-Poincare method[1] and the differential correction method[2]; study and comparison of the characteristics of the spacecraft's movement with a solar sail in halo orbit, including the influence of different sailing values (the ratio of the sail area to the spacecraft mass), different orientation angles of the solar sail, different positions of the Sun and the time of influence of light pressure on the parameters of spacecraft motion; the influence of perturbation from the non-sphericity of the Earth and the Moon, the ellipticity of the Moon's orbit, the perturbation of the reflection of light from the Moon, the perturbation of the gravity of the fourth bodies and so on[3][4][5].

The purpose of this study is to use a solar sail as one of the possibilities for long-term retention of a spacecraft in halo orbit for organizing relay communication between the Earth and the far side of the Moon or for deep space research[6]. For example, it is possible to organize the use of solar sails with low sailing value for a gradual correction of the spacecraft's orbit. In particular, for optimal correction of orbits or changing orbital parameters, different positions of the solar sail, as well as the moments of opening and closing of the mirror coating with liquid crystal elements of variable reflectivity, can be selected[7]. In addition, to assess the influence of various perturbations on the motion in halo orbits, we compared and analyzed the relationships between the influence of various

characteristics of a spacecraft with a solar sail on the orbital parameters, and the effect of various types of perturbations on the orbit parameters. Based on this, a facilitating control method can be obtained that is necessary to implement orbit maintenance.

References:

1. Richardson D. L. A note on a Lagrangian formulation for motion about the collinear points //Celestial Mechanics. – 1980. – Т. 22. – №. 3. – С. 231-236.

2. Howell K. C. Three-dimensional periodic halo orbits //Celestial mechanics. – 1984. – Т. 32. – С. 53.

3. Gingiss A. J. Navigation analysis of Earth-Moon libration point missions: дис. – Massachusetts Institute of Technology, 1992.

4. Chongrui D., Fain M. K., Starinova O. L. Analysis and design of halo orbits in cislunar space //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 984. – №. 1. – С. 012033.

5. Folta D., Vaughn F. A survey of earth-moon libration orbits: stationkeeping strategies and intra-orbit transfers //AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit. – 2004. – С. 4741.

6. Ye P. J. et al. An overview of the mission and technical characteristics of Change'4 Lunar Probe //Science China Technological Sciences. – 2017. – Т. 60. – №. 5. – С. 658-667.

7. Mori O. et al. Deployment and steering dynamics of spinning solar sail" IKAROS" //Journal of Aerospace Engineering, Sciences and Applications. – 2012. – Т. 4. – №. 4. – С. 79-96.

6. Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

6. Robotics, intelligent systems and aircraft armament

Принцип работы макета экспериментального образца адаптивного авиационного катапультного устройства в процессе верификации

Беклемищев Ф.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Расширение границ зон возможных пусков и пуск авиационных средств поражения (АСП) на режимах сверхманевренности летательного аппарата (ЛА) для существующих авиационных катапультных устройств является сложной и подчас невыполнимой задачей. Ввиду этого актуальной становится задача создания адаптивного авиационного катапультного устройства (ААКУ), придающего АСП начальные параметры движения, при которых АСП безопасно выйдет из окрестности ЛА без срыва сопровождения цели.

В данной работе рассмотрен принцип работы экспериментального образца (ЭО) перспективного ААКУ в процессе верификации.

Исполнительными механизмами, перемещающими полезный груз, являются гидравлические цилиндры-толкатели. В качестве накопителя гидравлической энергии применён газогидравлический гидроаккумулятор, снабженный радиально-поршневым насосом, управляемым асинхронным электродвигателем.

Работа макета ЭО разделена на три основных этапа. На первом этапе происходит зарядка гидроаккумулятора путём подачи электропитания на электродвигатель и включения соответствующего тумблера на технологическом пульте управления, активирующего подачу электропитания в обмотки электрогидравлического клапана, открывающего гидравлический канал от насоса в гидроаккумулятор. Контроль зарядки гидроаккумулятора осуществляется по манометру насосной станции. При достижении нужного давления соответствующий тумблер на технологическом пульте выключается и снимается питание с электродвигателя. Макет ЭО ААКУ готов к запуску.

Для запуска макета ЭО ААКУ необходимо включить соответствующий тумблер на технологическом пульте. Это приведет к подаче электропитания на обмотку гидрораспределителя и открытию окон золотникового клапана, что, в свою очередь создаст перепад давления на толкателе гидрозамка и его открытию. Гидравлическая жидкость под давлением начнет поступать в полости гидроцилиндров-толкателей, что приведет к движению их штоков и полезного груза. Гидравлическая жидкость из поршневой полости гидроцилиндров через систему дросселей блока клапанов при движении поршней будет вытесняться в слив. Расход рабочей жидкости и скорость толкателей регулируется системой управления в целях обеспечения заданной угловой скорости отделения груза.

Возврат поршней гидроцилиндров в исходное состояние осуществляется под действием массы нагрузки и за счет открытия гидрораспределителей, соединяющих цилиндровые полости со сливом, путем переключения тумблера.

Для выполнения верификации в состав ЭО ААКУ для измерения скорости и перемещения толкателей включены инкрементные тросовые датчики WayCon RX-50, а также акселерометры.

The principle of operation of the experimental model of the adaptive aircraft ejection device in the verification process

Beklemishchev F.S.
MAI, Moscow, Russia

The expansion of the boundaries of the zones of possible launches and the launch of aviation weapons (AW) in the modes of super maneuverability of the aircraft for existing aircraft ejection devices is a difficult and sometimes impossible task. In view of this, the task of creating an adaptive

aircraft ejection device (AAED) becomes urgent, giving the AW the initial parameters of movement at which the AW will safely exit the vicinity of the aircraft without disrupting the tracking of the target.

In this paper, the principle of operation of an experimental sample (ES) of a promising AAED in the verification process is considered.

The actuators that move the payload are hydraulic pushrod cylinders. A gas-hydraulic accumulator equipped with a radial piston pump controlled by an asynchronous electric motor is used as a hydraulic energy storage device.

The work of the ES layout is divided into three main stages. At the first stage, the accumulator is charged by supplying power to the electric motor and turning on the corresponding toggle switch on the technological control panel, activating the supply of power to the windings of the electrohydraulic valve, which opens the hydraulic channel from the pump to the accumulator. The charging of the accumulator is monitored by the pressure gauge of the pumping station. When the desired pressure is reached, the corresponding toggle switch on the process console is turned off and the power is removed from the electric motor. The layout of the ES AAED is ready to launch.

To launch the ES AAED layout, it is necessary to turn on the corresponding toggle switch on the process console. This will lead to the supply of power to the hydraulic distributor winding and the opening of the spool valve windows, which, in turn, will create a pressure drop on the hydraulic lock pusher and its opening. Hydraulic fluid under pressure will begin to flow into the cavities of hydraulic pushrod cylinders, which will lead to the movement of their rods and payload. Hydraulic fluid from the piston cavity of hydraulic cylinders through the throttle system of the valve block will be forced into the drain when the pistons move. The flow rate of the working fluid and the speed of the pushers are regulated by the control system in order to ensure a given angular velocity of separation of the load.

The return of the hydraulic cylinder pistons to the initial state is carried out under the action of the load mass and by opening the hydraulic valves connecting the cylinder cavities with the drain by switching the toggle switch.

To perform verification, the WayCon RX-50 incremental cable sensors, as well as accelerometers, are included in the ES AAED for measuring the speed and movement of pushers.

Разработка алгоритма восстановления вертикального профиля ветрового поля в целях повышения точности бомбометания с больших высот

Бернацкий К.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Метеорологическая информация в условиях постоянного повышения требований к точности применения авиационных средств поражения является наиболее ценной. Локальные конфликты и опыт ведения боевых действий в них подтверждает важность изучения метеорологической обстановки.

Среди многообразия метеорологических факторов наиболее значимым является ветер и его случайные порывы, которые называют турбулентностью. В баллистических алгоритмах на данный момент существуют упрощения, что, по сути, переводит реальное движение снаряда в некоторую схему. В частности, реальное поле ветра заменяется на постоянную по высоте величину, которая равняется скорости ветра на высоте применения, что не позволяет точно оценивать относы бомбы.

В данной работе была составлена математическая модель, позволяющая количественно оценить влияние ветра на относы бомбы, а также оценить вклад крупномасштабного ветра и случайных порывов ветра в общий относ при бомбометании.

Результаты показывают, что неточный учет ветра вносит существенную ошибку в баллистические алгоритмы, которая может доходить до значений порядка 900 м. В связи с этим был предложен алгоритм восстановления вертикального профиля ветрового поля при использовании устройства, позволяющего получать информацию о скоростях ветра на промежуточных высотах. Информация о ветре на промежуточных высотах позволяет

вычислить баллистический вектор изменения ветра и внести поправки в существующие алгоритмы.

Сравнительный анализ точности применения авиабомб с использованием алгоритма восстановления вертикального профиля ветрового поля и без него показывает, что введение алгоритма коррекции вектора скорости повышает точность применения авиабомб в диапазоне 10-20% в зависимости от калибра. Таким образом можно расширить диапазон применения средств поражения без существенных затрат на модификацию существующих систем прицеливания.

1. Хинце И.О. Турбулентность. Её механизм и теория. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. — 680 с.

2. Доброленский Ю.П. Динамика полета в неспокойной атмосфере. – М.: Машиностроение, 1969. — 256 с.

3. Погода без границ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://flymeteo.org/, свободный.

4. Кириллов В. И. Бомбометание. –М.: Военное издательство министерства обороны союза ССР, 196. – 378 с.

5. Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика. – М.: Машиностроение, 1972. – 584 с.

Development of an algorithm for restoring the vertical profile of the wind in order to improve the accuracy of bombing from high altitudes

Bernatsky K.S.

MAI, Moscow, Russia

Meteorological information is the most valuable in conditions of constantly increasing requirements for the accuracy of the use of aviation weapons of destruction. Local conflicts and the experience of fighting in them confirms the importance of studying the meteorological situation.

Among the variety of meteorological factors, the most significant is the wind and its random gusts, which are called turbulence. At the moment, there are simplifications in ballistic algorithms, which, in fact, translates the real movement of the projectile into a certain scheme. In particular, the real wind field is replaced by a constant value in height, which is equal to the wind speed at the height of application, which does not allow us to accurately assess the bomb ratios.

In this paper, a mathematical model was compiled that allows us to quantify the effect of wind on the bomb ratios, as well as to assess the contribution of large-scale wind and random wind gusts to the overall ratio during bombing.

The results show that inaccurate wind accounting introduces a significant error in ballistic algorithms, which can reach values of the order of 900 m. In this regard, an algorithm was proposed for restoring the vertical profile of the wind field using a device that allows obtaining information about wind speeds at intermediate altitudes. Information about the wind at intermediate altitudes allows you to calculate the ballistic vector of wind changes and make corrections to existing algorithms.

A comparative analysis of the accuracy of the use of aerial bombs using an algorithm for restoring the vertical profile of the wind field and without it shows that the introduction of an algorithm for correcting the velocity vector increases the accuracy of the use of aerial bombs in the range of 10-20%, depending on the caliber. Thus, it is possible to expand the range of application of weapons of destruction without significant costs for modification of existing aiming systems.

Создание виртуального стенда вибрационных испытаний на основе интеграции программных комплексов SolidWorks, Euler и SimInTech

Воронин В.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Сегодня для создания нового объекта авиационной техники используют комплекс испытаний. Значительное количество работ выполняются на испытательной модели, благодаря чему могут быть отработаны всевозможные ситуации, предусмотренные для данного образца. Проведение натурных испытаний позволяют получить достоверные

результаты. К недостаткам такого подхода относятся их дороговизна, сложность и длительность. В результате чего множество объектов авиационной техники имеют длительный процесс выхода на летные испытания. Кроме того, существует опасность возврата изделия на доработку из-за непрохождения натурных испытаний, так как не был учтен какой-либо компонент и т.п. Все это подтолкнуло к поиску возможности оценки параметров объекта авиационной техники до создания испытательного образца и выхода его на натурные и летные испытания.

В работе рассмотрен процесс создания модели виртуального стенда вибрационных испытаний на основе интеграции технологий SolidWorks, Euler и SimInTech. Концепция создания виртуальных стендов может относится не только к вибрационным, но и другим видам натурных испытаний. На данный момент программный комплекс Euler не обладает достаточно развитым модулем конечно-элементного анализа, поэтому реализована квазиупругая модель испытуемого изделия. Проведены виртуальные испытания.

В работе были проведены несколько испытаний с разными видами воздействий (синусоидальные колебания в диапазоне частот от 15 до 500 Гц; многократный удар; единичный удар). Показания датчиков ускорения и перемещения сравнивались со значениями схожего объекта по массово-инерционным характеристикам. Значения, полученные в результате проведения виртуальных испытаний, оказались в тех же диапазонах, что и при реальных на вибрационном стенде. Это говорит о том, что в модели отсутствуют критические ошибки, которые могут добавить аномальные значения сигналов на этапе натурных испытаний.

После проведения натурных испытаний исследуемого изделия модель будет скорректирована. В дальнейшем на ее основе будут проводиться виртуальные испытания для других объектов, что позволит сократить время создания авиационных систем.

Creation of a virtual vibration test stand based on the integration of SolidWorks, Euler and SimInTech software systems

Voronin V.V.
MAI, Moscow, Russia

Today, a complex of tests is used to create a new aircraft facility. A significant amount of work is performed on the test model, so that all possible situations provided for this sample can be worked out. Conducting field tests allows you to get reliable results. The disadvantages of this approach include their high cost, complexity and duration. As a result, many objects of aviation equipment have a long process of entering flight tests. In addition, there is a danger of returning the product for revision due to failure to pass full-scale tests, since any component was not taken into account, etc. All this prompted the search for the possibility of evaluating the parameters of an aircraft object before creating a test sample and putting it on full-scale and flight tests.

The paper considers the process of creating a virtual vibration test bench model based on the integration of SolidWorks, Euler and SimInTech technologies. The concept of creating virtual stands can apply not only to vibration, but also to other types of field tests. At the moment, the Euler software package does not have a sufficiently developed finite element analysis module, so a quasi-elastic model of the tested product is implemented. Virtual tests were conducted.

Several tests were carried out with different types of impacts (sinusoidal oscillations in the frequency range from 15 to 500 Hz; multiple impact; single impact). The readings of acceleration and displacement sensors were compared with the values of a similar object in terms of mass-inertial characteristics. The values obtained as a result of virtual tests turned out to be in the same ranges as for real ones on the vibration stand. This suggests that there are no critical errors in the model that can add abnormal signal values at the stage of full-scale tests.

After conducting full-scale tests of the product under study, the model will be adjusted. In the future, virtual tests for other facilities will be conducted on its basis, which will reduce the time for creating aviation systems.

Обеспечение безопасности полетов самолетов местных воздушных линий

Гаврилова А.В., Городниченко В.И., Кругов А.А., Овсянников М.О.
ЦАГИ, г. Жуковский, Россия

В настоящих тезисах рассмотрен подход к решению задачи снижения рисков полетов самолетов местных воздушных линий за счет применения системы мониторинга технического состояния и целостности, основанной на регистрации измерительной системой в режиме реального времени линейных и угловых перемещений самолета. Технология мониторинга нагрузок (перегрузок), действующих на самолет в процессе эксплуатации была разработана на основе исследований по ресурсу [1], выполненных ЦАГИ, при создании тренажеров, предназначенных для отработки сложных режимов полета авиационной техники. За аналог данной системы была принята автономная система комплексного диагностического мониторинга [2], предназначенная для непрерывного контроля технического состояния наиболее сложных в эксплуатации объектов газовой промышленности. Современный цифровой облик системы позволяет в реальном режиме времени получать по спутниковой связи информацию о напряжениях, развитии коррозии, об образовании и развитии трещин, а также об утечках газа. Для адаптирования этой системы к летательным аппаратам вместо наборов модулей управления, измерения и коммутации, необходимых для определения параметров, влияющих на безопасность газовых объектов, были установлены соответствующие модули для регистрации показаний предназначенных для определения по скоростям и ускорениям линейных и угловых перемещений самолета перегрузок. В модуле, обеспечивающим управление, измерение, коммутацию, преобразование электрических сигналов и передачу их в центральную вычислительную систему, использовались: акселерометр ВС201, предварительный усилитель ZET412, модуль аналого-цифрового/цифро-аналогового преобразователя ZET210. Чтобы ориентироваться на фактическую повреждаемость самолета, накопленную в эксплуатации, по значениям перегрузок, зафиксированных в летных испытаниях, определяются напряжения, которые, с целью повышения точности измерений корректируются коэффициентами, полученными по погрешностям оценки напряжений, вычисленных в летных испытаниях.

Процедура оценки параметров безопасности самолета выглядит следующим образом: регистрация измерительной системой скоростей и ускорений линейных и угловых перемещений самолета, определение перегрузок в конструктивных элементах самолета, вычисление напряжений, определение накопленной повреждаемости.

Результаты сравнения перегрузок, рассчитанных по зафиксированным измерительной системой скоростям и ускорениям угловых перемещений, и заданными значениями перегрузок показывают удовлетворительную точность определения перегрузок рассмотренной системой, на основе которых рассчитывается повреждаемость и ресурс.

Литература:

1. Харионовский О.В. Автономная система комплексного диагностического мониторинга ЛЧМГ / Харионовский О.В, Зиновьев Р.Ф., Городниченко В.И. // Газовая промышленность. – 2009. – № 5. – С. 58–60.

2. Бюшгенс А.Г. Оценка безопасного срока службы тренажера пространственной дезориентации на основе анализа усталостной прочности и безопасности повреждения конструктивных элементов / Бюшгенс А.Г., Городниченко В.И., Десятник П.А., Овсянников М.О., Шибаев В.М., Студнев С.Р. // Проблемы безопасности полетов. – 2020. - № 12. – С. 3-11.

Flight safety for local airlines aircraft

Gavrilova A.V., Gorodnichenko V.I., Krugov A.A., Ovsyannikov M.O.
TsAGI, Zhukovsky, Russia

In this paper the following is considered: the approach to the solution to the problem of decreasing the risks for local airlines aircraft safety by monitoring their technical state and integrity with the help of a surveillance system based on the real-time recordings of linear and angular movements, made by a measuring system. The technology of monitoring the loads (g-loads), which affect the aircraft

in service, has been developed on the basis of endurance researches [1], performed by TsAGI during the development of FSTDs intended for testing aeronautical equipment in severe flight conditions. The autonomous system of integrated diagnostic monitoring [2] was accepted as an analogue of this system and is intended for continuous inspection of the technical state of the gas industry facilities which are the most difficult to operate. The modern digital appearance of the system gives an opportunity to receive satellite real-time information on stresses, corrosion development, formation and development of cracks and also on gas escapes. To adapt this system to aircraft, the appropriate control modules for recording of readings were installed to define g-loads with the help of aircraft velocity parameters and linear and angular acceleration movement parameters. These modules are meant to replace the set of control, measurement and commutation modules which have an impact on the safety of gas facilities. In the module, which is responsible for control, measuring, commutation, transformation of electrical cues and their transmission to the central computer system, the following items are used: BC201 accelerometer, ZET412 preamplifier, ZET210 analog-to-digital/digital-to-analog converter module. As a reference for actual damageability of the aircraft, accumulated throughout operational service, g-load values recorded during flight tests define stresses, which, for the purpose of measuring accuracy increase, are adjusted with the help of indexes, derived from pressure evaluation errors, calculated during flight tests.

The procedure of aircraft safety parameter evaluation is the following: recording of velocity parameters and linear and angular acceleration movement parameters by a measuring system, defining g-loads in aircraft structural elements, evaluating stresses, defining the accumulated damageability.

The results of the comparison of g-loads, estimated with the help of preset values of g-loads and the measuring system which records velocity parameters and angular acceleration movement parameters, demonstrate satisfactory accuracy of g-load estimation as considered by the system. On the basis of these parameters, the damageability and performance life are calculated.

Разработка системы стабилизации взлетно-посадочного стола в условиях качки

[1]Гагарский В.С., [2]Санин Р.А., [2]Готовцев А.Г., [1]Кащевский А.В.
[1]ООО «Автономные системы», [2]БГТУ «ВОЕНМЕХ»/ООО «Автономные системы»,
г. Санкт-Петербург, Россия

В данной работе представлено конструктивное решение платформы стабилизации, выполненное на базе модификации традиционной платформы Стюарта (гексапода), обеспечивающее возможность расширения диапазона применения палубной авиации с вертикальным взлетом и посадкой на корабль в неблагоприятных погодных условиях. Также данное устройство может являться решением при выполнении, в условиях качки судна, погрузочно-разгрузочных работ, высадке вахтовых бригад, оказания экстренной помощи на офшорных объектах добычи углеводородов и освоении арктического шельфа.

Модификация предложенная и исследованная в данной работе заключается в совмещении двух механизмов: первый – изменения длины ног гексапода и второй – перемещения верхних и нижних опорных кареток крепления ног гексапода. Указанные движения обеспечиваются дополнительными актуаторами, повышающими число степеней свободы всего механизма. Это приводит к возможности увеличения диапазона (линейных и угловых) ходов гексапода, а также к увеличению динамических характеристик движения его верхнего (подвижного) звена и общей оценке надежности. Второй важной особенностью модификации является возможность компактного складывания системы в походном положении под палубой корабля, тем самым – существенно увеличивая остойчивость корабля и практически полное удаление радиоотражающих поверхностей. Важным элементом предложенного решения является также создание единого контура управления платформой и летательным аппаратом, совершающим посадку в режиме автопилота.

Разрабатываемая платформа, выполненная по параллельной кинематической схеме, обладает шестью степенями свободы для верхнего (подвижного) основания – взлетно-посадочного стола, имея при этом, двенадцать степеней свободы у механизма в целом. Схема классифицируется, как сложная, замкнутая, пространственная кинематическая цепь.

В рамках проведенных исследований была разработана 3D модель сборки всего конструктивного решения на базе двенадцати гидроцилиндров, создана динамическая имитационная модель, проведены оценки требуемой мощности приводов, обеспечивающих движение взлетно-посадочного стола платформы для заданных кинематических параметров движения палубы корабля (нижнего – «неподвижного» основания платформы) и кинематических параметров движения ЛА. Предложены и апробированы алгоритмы расчета ограничений, а также проанализирована возможность использования нейронной сети для повышения быстродействия алгоритма расчета относительного пространственного положения ЛА и взлетно-посадочного стола для решения задачи управления посадкой при создании автопилота. Сформулирована задача структурно-параметрической оптимизации конструкции платформы и задачи оптимального управления приводами для обеспечения максимальной безопасности посадки.

Литература:

1. Зуев С. М.: Стабилизация положений равновесия нагруженных модификаций платформы Стюарта: диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Санкт-Петербург – 2014 г. Стр. 8, 9, 10.

2. Гапоненко Е. В. Динамика управляемого движения робота-трипода с шестью степенями подвижности: диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Белгород 2014 г, стр. 13, 14, 23, 24, 29-32, 34-45.

3. Диментберг, Ф. М. Определение положений пространственных механизмов / Ф. М. Диментберг. – Москва: Изд-во АН СССР, 1950. - 142 с.

4. Стюарт, Д. Платформа с шестью степенями свободы / Д. Стюарт // Известия института инженеров-механиков, 1965. - Т. 180, рт. 1, № 15. - P. 371-385.

Development of a stabilization system for the takeoff and landing table in rolling conditions

[1]Gagarskiy V.S., [2]Sanin R.A, [2]Gotovcev A.G, [1]Kashevskiy A.V

[1]LLC “Autonomous systems”, [2]BSTU “VOENMEH”/LLC “Autonomous systems”,

Saint-Petersburg, Russia

This paper presents a design solution for the stabilization platform, based on a modification of the traditional Stewart platform (hexapod), which provides the possibility of expanding the range of use of deck aircraft with vertical takeoff and landing on a ship in adverse weather conditions. Also, this device can be a solution when performing, in the conditions of a ship's pitching, loading and unloading operations, disembarking shift teams, providing emergency assistance at offshore hydrocarbon production facilities and developing the Arctic shelf.

The modification proposed and investigated in this work consists in combining two mechanisms: the first is the change in the length of the legs of the hexapod and the second is the movement of the upper and lower supporting carriages for attaching the legs of the hexapod. These movements are provided by additional actuators that increase the number of degrees of freedom of the entire mechanism. This leads to the possibility of increasing the range of (linear and angular) moves of the hexapod, as well as to an increase in the dynamic characteristics of the movement of its upper (movable) link and an overall assessment of reliability. The second important feature of the modification is the possibility of compact folding of the system in the stowed position under the deck of the ship, thereby significantly increasing the stability of the ship and the almost complete removal of radio-reflecting surfaces. An important element of the proposed solution is also the creation of a single control loop for the platform and the aircraft landing in the autopilot mode.

The developed platform, made according to a parallel kinematic scheme, has six degrees of freedom for the upper (movable) base – the takeoff and landing table, while having twelve degrees of freedom for the mechanism as a whole. The circuit is classified as a complex, closed, spatial kinematic chain.

As part of the research, a 3D model was developed for the assembly of the entire design solution based on twelve hydraulic cylinders, a dynamic simulation model was created, and the required power of the drives was estimated to ensure the movement of the platform runway for the given kinematic parameters of the ship deck movement (the lower – "stationary" base of the platform) and

kinematic parameters of the aircraft motion. Algorithms for calculating constraints are proposed and tested, and the possibility of using a neural network to increase the speed of the algorithm for calculating the relative spatial position of the aircraft and the takeoff and landing table for solving the problem of landing control when creating an autopilot is analyzed. The problem of structural-parametric optimization of the platform design and the problem of optimal control of drives to ensure maximum landing safety are formulated.

References:

1. Zuev S. M .: Stabilization of equilibrium positions of loaded modifications of the Stewart platform: Ph.D. thesis, St. Petersburg - 2014 Pp. 8, 9, 10.

2. Gaponenko E. V. Dynamics of controlled movement of a tripod robot with six degrees of mobility: dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Belgorod 2014

3. Dimentberg, FM Determination of the positions of spatial mechanisms / FM Dimentberg. - Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1950 .-- 142 p.

Планирование маршрутов беспилотных летательных аппаратов при проведении мониторинга акватории и инфраструктуры морского порта

[1]Гончаренко В.И., [1]Лебедев А.В., [1]Михайлин Д.А., [2]Ярыгин Н.С.

[1]МАИ, [2]АО «Концерн «МАНС», г. Москва, Россия

В настоящее время при проведении мониторинга акватории и инфраструктуры морского порта значительно возрос интерес к использованию беспилотной авиации. Практический опыт показывает, что для эффективного решения данной задачи необходимо иметь широкий парк беспилотных воздушных судов (далее – БВС). Для решения задач мониторинга протяженных объектов наиболее целесообразно применение БВС самолетного типа, а для осуществления осмотра небольших площадных объектов территории или точечных – БВС вертолетного типа. В работе решается задача организации полета разнотипной группы БВС, когда предполетное планирование проводится лишь для начала группового полета, а затем проводится оперативное планирование в самом полете. Для мониторинга акватории и инфраструктуры морского порта применяются следующие типы БВС: самолетного типа, вертолетного (многороторного) типа, комбинированного типа (VTOL). Кроме этого, в состав инфраструктуры морского порта входят автономные станции для БВС, которые позволяют увеличить время непрерывного наблюдения с БВС и более оперативно реагировать на запросы по воздушному мониторингу за объектами, находящимися непосредственно на территории порта.

Особенность проводимых исследований состоит в том, что на основе данных, полученных в результате воздушного мониторинга, могут более эффективно решаться следующие задачи:

- Инвентаризация и районирование акватории, прилегающих территорий и объектов порта.
- Актуализация карт, планов и схем размещения объектов на территории порта.
- Контроль грузооборота и порядка прохождения грузов через порт.
- Повышение ситуационной осведомленности портовых служб об обстановке в прибрежной зоне и акватории порта.
- Контроль выполнения требований нормативных документов, касающихся пространственного размещения объектов инфраструктуры порта, в части промышленной и пожарной безопасности.
- Контроль экологического состояния акватории и территории порта.
- Выявление источников и причин возможного неблагоприятного воздействия на состояние объектов контроля.

Решение этих задач требует использование широкого ряда целевых нагрузок, таких как: телевизионных камер, фотокамер, инфракрасных камер, многоспектральных камер, тепловизионных камер, а также газоанализаторов. Также организации мониторинга дополнительно необходимо учитывать площадки для авариной посадки БВС, в том числе и приводнение.

Целью работы является повышение качества планирования группового полета, с учетом различной требуемой длительности обслуживания заданных объектов и влияния потери работоспособности БВС.

В результате решения задачи требуется:

• Сформировать алгоритм оперативного определения допустимой длительности очередного наблюдения.

• При оптимизации многомерной маршрутизации группового полета обеспечить перед вылетом назначение нужного числа БВС (с установленными целевыми нагрузками для решения требуемой задачи) с учетом потери их работоспособности, гарантирующего успешное обслуживание всех заявок.

В интересах повышения качества планирования группового полета БВС сформулирована постановка задачи разработки алгоритмов оперативного определения допустимой длительности мониторинга и требуемого числа БВС при обслуживании потока заявок с учетом влияния потери работоспособности.

Planning of routes for unmanned aerial vehicles during monitoring of the water area and infrastructure of the seaport

[1]Goncharenko V.I., [1]Lebedev A.V., [1]Mikhailin D.A., [2]Yarygin N.S.

[1]MAI, [2]IANS, JSC, Moscow, Russia

At present, while monitoring the water area and infrastructure of the seaport, interest in the use of unmanned aircraft has significantly increased. Practical experience shows that in order to effectively solve this problem, it is necessary to have a wide fleet of unmanned aerial vehicles (hereinafter referred to as UAV). For monitoring large area objects, it is most expedient to use an aircraft-type UAV, and to inspect small area objects or point objects, a helicopter-type UAV. The study solves the problem of organizing the flight of a multi-type group of UAV, when pre-flight planning is carried out only for the beginning of a group flight, and then operational planning is carried out in the flight itself. The following types of UAV are used to monitor the water area and infrastructure of the seaport: aircraft type, helicopter (multi-rotor) type, combined type (VTOL). In addition, the seaport infrastructure includes autonomous stations for UAV, which allow to increase the time of continuous monitoring from UAV and more quickly respond to requests for air monitoring of objects located directly on the territory of the seaport.

The peculiarity of the task being solved is that on the basis of the data obtained as a result of monitoring, the following tasks can be more effectively solved:

• Inventory and zoning of the water area, adjacent territories and seaport facilities.

• Updating of maps, plans and layouts of facilities on the port territory.

• Control of cargo turnover and the order of cargo passage through the seaport.

• Increasing the situational awareness of the seaport services about the situation in the coastal zone and the seaport water area.

• Control over the fulfillment of the requirements of regulatory documents concerning the location of port infrastructure facilities, in terms of industrial and fire safety.

• Control of the ecological state of the water area and seaport territory.

• Identification of sources and causes of possible adverse effects on the state of objects under control.

Solving these tasks requires the use of a wide range of target loads, such as: television cameras, cameras, infrared cameras, multispectral cameras, thermal imaging cameras, and gas analyzers. It is also additionally necessary to take into account the sites for the emergency landing of the UAV, including splashdown.

The aim of the study is to improve the quality of planning a group flight, taking into account the different required duration of servicing of the given objects and the effect of the loss of operational efficiency of the UAV.

As a result of solving the tasks, it is required:

• To form an algorithm for the prompt determination of the permissible duration of the next observation.

• When optimizing multidimensional routing of a group flight, ensure before departure the assignment of the required number of UAV (with established target loads for solving the required task), taking into account the loss of their operability, which guarantees the successful service of all requests.

In the interests of improving the quality of planning a group flight of the UAV, the formulation of the task of developing algorithms for the operational determination of the permissible monitoring duration and the required number of UAV when servicing the flow of requests is formulated, taking into account the effect of loss of performance.

Решение задачи старта малогабаритных БПЛА с объектов-носителей

Дуняшев Д.А., Голдовский А.А., Правидло М.Н.
АО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», г. Москва, Россия

Активное развитие беспилотной авиации всё чаще приводит к необходимости использования систем старта малогабаритного БПЛА с БПЛА-носителя для их конечной доставки полезных грузов. Применение малогабаритных БПЛА на беспилотных объектах-носителях приводит к целому ряду проблем, связанных необходимостью обеспечения безопасности отделения указанных изделий. Первый и основной вопрос – необходимость создания минимального усилия при старте малогабаритных изделий на носителе. Второй по приоритету проблемой является влияние на конструкцию объекта-носителя газодинамической струи от двигательной установки малогабаритного БПЛА. Третьей проблемой при проектировании системы является обеспечение приемлемых начальных условий для обеспечения пространственной устойчивости малогабаритного БПЛА после физической расцепки с носителем.

Для решения вышеуказанного перечня задач предлагается рассмотреть возможность замены классического рельсового старта на такие системы, которые позволят минимизировать нагружение на элементы конструкции планера объекта-носителя, исключить возможность газодинамического влияния струи двигателя. Наиболее рациональными с точки зрения проектирования являются системы старта со свободным или же катапультным стартом. Примерами свободного старта в современной авиации является применение авиационных бомб с балочных держателей. Процесс катапультирования осуществляется при помощи авиационных катапультных устройств путём отделения за счёт использования рычажного или плунжерного механизма катапультирования, приводящегося в движение силовым приводом. В процессе катапультирования изделия на силовую установку носителя оказывается механическое воздействие, влияющее на управляемость и устойчивость в пространстве. Такой уровень нагрузок часто является неприемлемым, но в то же время отвечает требованиям по обеспечению благоприятных начальных условий для малогабаритного БПЛА, а также позволит избежать влияния газодинамической струи на элементы конструкции носителя.

В целях решения проблемы, исключая высокий уровень нагружения, рассмотрен синтез двух видов старта: свободного и методом катапультирования. Малогабаритный БПЛА под собственным весом отделяется при помощи рычажной системы авиационного катапультного устройства. При этом рычаги сопровождают изделие, не позволяя внешним аэродинамическим силам на начальном этапе влиять на запас устойчивости изделия, что в итоге позволяет объединить преимущества уже применяемых технических решений. Проведено исследование безопасности отделения малогабаритных БПЛА с учётом применения вышеуказанной системы старта, которое подтвердило обоснованность выдвигаемой теории.

Solution of the problem of launching small-sized UAVs from carrier objects

Dunyashev D.A., Goldovsky A.A., Pravidlo M.N.
State Mashine Building Design Bureau “Vympel”, Moscow, Russia

The active development of unmanned aircraft increasingly leads to the need of using launch systems for small-sized UAVs from an UAV carrier for the delivery of payloads. Usage of small-sized UAVs on unmanned vehicles leads to a number of problems associated with the necessity to

ensure the safe launch. The first and main question is the necessity of ensuring start of a small-sized device on a carrier with minimal loading. The second priority problem is the impact of the gas-dynamic jet from the propulsion system of a small-sized UAV on the carrier object. The third problem is to provide acceptable initial conditions for ensuring the spatial stability of a small-sized UAV after physical decoupling from the carrier.

As a solution for the list of tasks mentioned above, it is proposed to consider the possibility of replacing the classic rail launch with such systems that will minimize the impact on the structural elements of the carrier object and exclude the possibility of the gas-dynamic effect of the engine jet. The most rational from the design point of view are launch systems with free or ejection launch. The usage of aerial bombs is an example of free start in modern aviation. The ejection process is carried out using aircraft ejection devices by separation through using of a lever or plunger ejection mechanism, driven by a power drive. During the ejection, a mechanical impact is exerted on the carrier's engine, which affects it's controllability and stability. Such loads is often unacceptable, but at the same time meets the requirements for providing favorable initial conditions for a small-sized UAV, and also allows avoiding the influence of a gas-dynamic jet on the elements of the carrier structure.

In order to solve the problem of excluding high level loads, the synthesis of two launch types is considered: free and by ejection. A small-sized UAV is separated by a lever system of an ejection device by its own weight. The levers accompany the device, not allowing external aerodynamic forces to influence it's stability at the initial stage, which eventually allows combining the advantages of the already used technical solutions. A study of the safe decoupling of small-sized UAVs concidering the launch system, was carried out, which confirmed the validity of the proposed theory.

Расширение возможностей принятия решений о техническом состоянии объекта контроля на основе классификационного подхода

[1]Захаров И.В., [2]Трубников А.А., [2]Решетников Д.А.
[1]МАИ, г. Москва, Россия
[2]РКБ «Глобус», г. Рязань, Россия

В современных ВКС РФ активно проводится перевооружение, в части поступает авиационная техника (АТ) нового поколения и управляемые авиационные ракеты (УАР) новых типов. Сложность и ответственность задач освоения новых УАР требует обновления информационно-методического обеспечения современной СТЭ в части наблюдения тенденций изменения технического состояния (ТС) парка УАР при смене режимов технической эксплуатации (ТЭ), а также в части уровня информационного обеспечения лиц, принимающих решение (ЛПР) для обеспечения гибких решений при управлении ТС парка УАР.

Основным инструментом в СТЭ для оценки текущего ТС УАР являются автоматизированные системы контроля (АСК). На протяжении ряда поколений АСК традиционно применялся метод параметрического контроля (МПК) с двухальтернативной схемой принятия решения о ТС УАР «годен»-«не годен». Данный подход носит индикаторный характер, когда принятие решения ЛПР о смене режима эксплуатации принимается по факту наличия или отсутствия отказа. На современном этапе освоения новых, уникальных УАР, присутствующих в СТЭ в малых выборках требуется более прогрессивный классификационный подход.

Реализация классификационного подхода к оценке ТС УАР предполагает совмещение существующего схемотехнического контроля МПК и системотехнического контроля по показателю качества (МКПК) в рамках схемы комбинированного контроля. Введение МКПК позволяет замыкать диаграмму функциональных связей бортового оборудования УАР на системном уровне, что дает возможность установить объективную монотонную связь между множеством схемотехнических атрибутов МПК УАР и множеством показателей качества (ПК) субсистемного и системного уровня, определяющих боевой потенциал (БП) J УАР.

Введение БП J позволяет уйти от специального режима контроля при МПК и перейти на режим функционирования при МКПК, что уменьшит неопределенность результатов

контроля. Использование БП J при МКПК дает возможность варьирования напряженности режима функционирования УАР при МКПК от наиболее тяжелого до некоторого «комфортного» уровня, многократно ослабляющего действие некоторого отказа на конечный результат применения УАР по назначению.

Реализация классификационного подхода к оценке ТС УАР на основе МКПК позволяет ввести в СТЭ многоальтернативную оценку ТС подсистем УАР и перейти от бинарной шкалы индексов ТС «годен – не годен» к искусственно расширенной шкале «годен – ограниченно годен – не годен» наблюдаемых промежуточных технических состояний. Так, например, на множестве всех ТС можно ввести новые подмножества «состояние максимальной эффективности функционирования», «предотказовое состояние», характеризующие запас работоспособности УАР.

Expanding the possibilities of making decisions about the technical condition of the object of control based on the classification approach

[1]Zakharov I.V., [2]Trubnikov A.A., [2]Reshetnikov D.A.
[1]MAI, Moscow, Russia
[2]RKB "Globus", Ryazan, Russia

The modern aerospace forces of the Russian Federation are actively rearming. A new generation of aviation equipment and new types of guided aircraft missiles are being delivered to the troops. This requires updating the information and methodological support of the modern system of technical operation from the point of view of monitoring trends in the technical condition of the rocket fleet.

Currently, an indicator approach based on a two-alternative decision-making scheme "suitable" – "not suitable" is used to assess the technical condition of the onboard equipment of missiles. However, at the present stage of development of new, unique missiles operated in small quantities, a more progressive approach to classification is required.

The implementation of the classification approach to assessing the condition of missiles involves combining the existing parametric control scheme and the quality control system in the framework of a combined control scheme.

The implementation of the classification approach to the assessment of the state of missiles allows us to introduce a multi-alternative assessment of the state of the onboard equipment of missiles under operating conditions. This makes it possible to move from a binary scale of technical condition indicators "suitable – not suitable" to an artificially expanded scale of "suitable – limited suitable – not suitable" observed intermediate technical conditions and increase the flexibility of decisions.

Исследование режимов функционирования бортовой двухканальной системы в условиях воздействия атмосферных возмущений

Кимяев А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Имеется конструкция: оптический прибор (ОП), смонтированный на беспилотном летательном аппарате (БЛА) вертолётного типа. Во время полёта БЛА изменяет своё положение в пространстве для движения, а ОП свободно вращается относительно него. Система управления привода ОП, согласно задаче сопровождения, производит наведения оси ОП на сопровождаемую цель.

Совокупность ОП и БЛА представляют собой систему из точного и грубого каналов соответственно, в которой каждый канал может работать через собственный дискриминатор ошибки (ДО) – пеленгатор цели, или через ДО смежного канала [1]. При этом ДО точного канала характеризуется более узким полем зрения, по сравнению с ДО грубого при одинаковом разрешении. На основе этого сформулированы три основных режима функционирования системы БЛА-ОП при выполнении функции автосопровождения:

• Захват – режим, при котором управляющие сигналы обоих каналов формируются дискриминатором грубого канала БЛА.

• Комплексирование – режим, при котором каждый канал использует данные с собственного ДО.

• Прецизионный режим – режим, при котором управляющие сигналы обоих каналов формируются дискриминатором точного канала БЛА.

Каждая из структур проверяется на модели [2], на которой воспроизводится воздушный порыв и модель турбулентности Драйдена [3, 4, 5]. В результате эксперимента выявлено, что

• Прецизионный режим не может осуществлять автосопровождение в условиях атмосферных возмущений из-за того, что ветер выводит БЛА и ОП из поля зрения ДО точного канала, что приводит к потере цели.

• Режим комплексирования способен функционировать в условиях атмосферных возмущений, но также подвержен потере цели точным каналом, но способен компенсировать за счёт функционирования грубого канала с собственным ДО.

• Режим захвата не подвержен потере цели, но ДО грубого канала не способен обеспечить точность сопровождения при статическом автосопровождении.

Для компенсации негативных эффектов каждого из режимов предложен переменный режим, в котором двухканальная структура принимает вид, характерный для вышеописанных структур в зависимости от положения отметки цели в ДО каждого из каналов. Так в случае попадания отметки в поле зрения ДО грубого канала, система функционирует в режиме захвата; в случае попадания отметки в поле зрения ДО точного канала система функционирует в режиме комплексирования; при попадании отметки в область, которая удовлетворяет функции автосопровождения, система работает в прецизионном режиме. В ходе имитационных экспериментов показана возросшая эффективность сопровождения переменного режима по сравнению с любым из трёх, её составляющих.

1. Шеваль В. В. и Кимяев А. И. Структурный анализ бортовой многорежимной системы автосопровождения 2021.

2. Aerospace Blockset [Электронный ресурс] // Документация MATLAB на русском языке: [сайт]. – Режим доступа: https://docs.exponenta.ru/autoblks/ref/datasheetbattery.html.

3. Исаев А.М. Математические модели, численный метод и комплекс программ для повышения дальности полёта мультироторного беспилотного летательного аппарата малого класса. 2020.

4. Bohang Wang , Zain Anwar Ali , Daobo Wang. Controller for UAV to Oppose Different Kinds of Wind in the Environment 2020.

5. Steven L. Waslander, Carlos Wang. Wind Disturbance Estimation and Rejection for Quadrotor Position Control 2009.

Research of the onboard two-channel system functional modes under the atmospheric disturbances

Kimyaev A.I.

MAI, Moscow, Russia

There is a construction: an optical device (OD) mounted on a helicopter-type unmanned aerial vehicle (UAV). During the flight, the UAV changes position in space for movement, and the OD relative to it rotates freely. The control system of the OD drive, according to the tracking task, turn the OD axis to the tracked target.

The set of OD and UAV is a system of precise and coarse channels, in which each channel can operate through its own error discriminator (ED) – target direction finder, or through DO of other channel. In this case, the DO of the precise channel is characterized by a narrower field of view (FOV), in comparison with the DO of the coarse one at the same resolution. On the basis of this, three main modes of operation of the UAV-OD system are formulated when performing the auto-tracking function:

• Capture – a mode in which the both channels control signals are formed by the UAV coarse channel discriminator.

• Combine – a mode in which each channel uses data from its own ED.

• Precision mode – a mode in which the control signals of both channels are formed by precise channel of the UAV discriminator.

Each of the structures is tested on a model that reproduces the air gust and the Dryden turbulence model. As a result of the experiment, it was revealed that.

• The precision mode cannot carry out auto-tracking under atmospheric disturbances due to the fact that wind removes the UAV and the OD from the precise channel ED FOV, which leads to the loss of the target.

• The combine mode is capable of functioning in conditions of atmospheric disturbances, but is also subject to the loss of a target by a precise channel, but is able to compensate due to the functioning of a coarse channel with its own ED.

• The capture mode don't lose the target, but the coarse channel ED is not able to provide sufficient tracking accuracy during static auto tracking.

To compensate the negative effects of each mode, a flexible mode is proposed, in which the two-channel structure takes the form of the above-described structures, depending on the target mark position in each channels ED. So, in the case of hitting a mark in the FOV of the coarse channel ED, the system operates in the capture mode; in case of hitting the mark in the FOV of the precise channel ED, the system operates in the combine mode; when the mark hits an area that satisfies the auto-tracking function the system operates in the precise mode. During simulation experiments, the increased efficiency of flexible mode tracking is shown in comparison with any of the three, its components.

Машинное обучение бортового оборудования в синтетической среде

Кирсанов А.М.
Вертолеты России, г. Москва, Россия

Согласно со статистическими данными, более половины авиационных происшествий обусловлены человеческим фактором. Потеря визуального контакта с ориентирами, сложные условия с ухудшением видимости, работа на малых высотах и/или в неконтролируемом воздушном пространстве, отсутствие транспондера на борту многих воздушных судов – все это в совокупности с ограниченным полем обзора пилота может привести к столкновению с летательными аппаратами, препятствиями, земной поверхностью. Внедрение интеллектуальных технологий позволяет расширить и превзойти возможности человеческого восприятия.

На сегодняшний день в АО «Вертолеты России» исследуются возможности внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в бортовое оборудование вертолета (БРЭО) для анализа окружающего пространства, предотвращения столкновений с препятствиями, а также автоматической посадки на неподготовленную площадку. Целью работ является повышение безопасности и эффективности применения авиационных комплексов, повышение степени автономности и снижение нагрузки на экипаж.

В целях поэтапной реализации данного исследования создается пилотажный стенд с математическим моделированием винтокрылого летательного аппарата и процессов управления для осуществления сбора исходных данных, обучения и отладки моделей ИИ, последующей верификации и валидации программных модулей машинного обучения в системах управления винтокрылым летательным аппаратом.

Machine learning of avionics in synthetic environment

Kirsanov A.M.
Russian Helicopters, Moscow, Russia

According to statistics, more than half of the accidents are caused by human factors. Loss of visual contact with landmarks, difficult conditions with impaired visibility, work at low altitudes and / or in uncontrolled airspace, the lack of a transponder on board many aircraft - all this, together with the pilot's limited field of view, can lead to collisions with aircraft, obstacles , the earth's surface. The introduction of intelligent technologies makes it possible to expand and surpass the possibilities of human perception. Today, many companies are developing in the field of machine vision. In aviation, such systems are subject to increased requirements due to the corresponding degree of responsibility, as well as the presence of regulations in the industry itself, such as the DO178 standard. An example

is Daedalean company (Switzerland), which is actively pursuing developments in the application of algorithms and systems for recognizing visual images in the tasks of detecting aircraft and other objects, as well as searching for runways for landing automation.

Today, Russian Helicopters JSC is exploring the possibility of introducing artificial intelligence (AI) into the on-board equipment of a helicopter (avionics) to analyze the surrounding space, prevent collisions with obstacles, and also automatically land on an unprepared site. The aim of the work is to improve the safety and efficiency of the use of aviation systems, increase the degree of autonomy and reduce the workload on the crew.

In order to stage-by-stage implementation of this study, a flight stand with mathematical modeling of a rotorcraft and control processes is being created to collect initial data, train and debug AI models, and then verify and validate machine learning software modules in rotorcraft control systems.

Нестационарное моделирование параметров теплообмена робототехнических систем авиационного вооружения

Матковский Н.О., Тишков В.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Производство авиационных робототехнических систем становится все более сложным и трудоемким процессом. При разработке новых объектов авиационной техники возникают вопросы, связанные с увеличением внешних воздействий, что влечет за собой постановку задач и требований к точности тепловой оценки и необходимости в моделировании более сложных случаев обтекания. Основными проблемами в решении задачи математического моделирования параметров теплообмена является нестационарность траекторных параметров, геометрическая форма и скорость объекта. В настоящей работе предложена методика по расчёту коэффициентов теплоотдачи для тела с параболической геометрией. Распределение температуры восстановления и статического давления на внешней поверхности летательного аппарата в работе вычислялось при помощи программного комплекса автоматизированного проектирования, с помощью которого методом конечных объемов решались дискретные аналоги системы уравнений Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии текучей среды, а также эмпирические зависимости вязкости и теплопроводности этих компонентов среды от температуры. Коэффициенты теплоотдачи рассчитываются для ламинарного и турбулентного течений. При расчете применяется метод, в котором параметры потока равны параметрам рассматриваемого сечения объекта. По данным, полученным в результате расчета параметров теплообмена, проводится моделирование аэродинамического нагрева. Результатом решения задачи действия аэродинамического нагрева на объект авиационной техники является картина распределения полей температур на всем участке полета. Погрешность полученных температур корпуса объекта имеет хорошую сходимость с результатами экспериментальных отработок.

Non-stationary modeling of thermal parameters for robotic systems of aviation weapons

Matkovskiy N.O., Tishkov V.V.
MAI, Moscow, Russia

The development of aviation robotic systems is becoming an increasingly complex and time-consuming process. When developing new aircraft objects, questions arise related to an increase in external influences, which entails the formulation of tasks and requirements for the accuracy of thermal estimation and the need for modeling more complex cases of flow. The main problems in solving the problem of mathematical modeling of heat transfer parameters are the unsteadiness of the trajectory parameters, the geometric shape and speed of the object. In this work, a technique for calculating heat transfer coefficients for a body with a parabolic geometry is proposed. The distribution of the recovery temperature and static pressure on the outer surface of the aircraft in the work was calculated with using a computer-aided design software package, with the help of which discrete analogues of the Navier-Stokes system of equations were solved using the finite volume method, describing in a non-stationary formulation the laws of conservation of mass, momentum and

energy of the fluid medium, as well as empirical dependences of viscosity and thermal conductivity of these components of the medium on temperature. Heat transfer coefficients are calculated for laminar and turbulent flows. The calculation uses a method in which the flow parameters are equal to the parameters of the considered section of the object. According to the data obtained as a result of the calculation of heat transfer parameters, aerodynamic heating is simulated. The result of solving the problem of the aerodynamic heating on an aircraft object is a picture of the distribution of temperature fields throughout the flight section. The deviation of the obtained temperatures has a good convergence with the results of experimental tests.

Исследование влияния микрогеометрии золотникового гидрораспределителя на контур управления устойчивого и неустойчивого летательных аппаратов

Оболенский В.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Переход от аэродинамически устойчивых компоновок самолёта к аэродинамически неустойчивым предназначен для улучшения аэродинамической поляры – увеличения подъёмной силы и избыточной энергетической мощности за счёт перераспределения аэродинамических нагрузок, действующих на крыло и горизонтальное оперение, такие как аэродинамические «потери» на балансировку самолёта из-за отклонения стабилизатора преобразуются в дополнительную подъёмную силу, направленную вверх [1].

Для исследования устойчивости и управляемости устойчивых и неустойчивых компоновок, режимы полёта разбивают на два этапа: этап «энергичного маневрирования», когда лётчику необходимо занять в кратчайший срок наилучшую позицию и «точного пилотирования» для выполнения операций в «малом» диапазоне отклонения от траектории, например, при прицеливании или при проведении дозаправки топливом в полёте.

Исследования в ЦАГИ. Б.С. Манукян и М.А. Клюев показали [2], что зона нечувствительности бустера в совокупности с механической проводкой, которая соединяла электрогидравлическую рулевую машинку с входной качалкой бустера, приводили к автоколебаниям недопустимой амплитуды в контуре управления аэродинамически неустойчивого истребителя. В итоге этой работы появилась конструкция электрогидравлического рулевого привода, в которой рулевая машина была объединена с силовыми золотниками в едином корпусе и замкнута электрической обратной связью. Полёты были продолжены, но вопросы о требуемой динамической чувствительности (т.е. способности отрабатывать малые управляющие сигналы) рулевым приводом до конца не были решены [3].

Целью данного исследования является влияние на устойчивость и управляемость самолёта микрогеометрии золотникового гидрораспределителя привода управления на этапе «точного пилотирования», т.е. исследование влияния динамической чувствительности различной геометрической конфигурации окон золотникового гидрораспределителя, путем выделения линейной и нелинейной частей контура управления методом Л.С.Гольдфарба [4]. В созданных математических моделях, в качестве нелинейной части принимается рулевой привод, в качестве линейной – линеаризованные параметры характеризующие динамику самолёта по условиям полёта. Применен математический аппарат для построения «фазовой границы устойчивости» (ФГУ), впервые введённый в теорию и практику следящих систем Л.В.Рабиновичем [5], проведена оценка, подтверждённая результатами численного моделирования. Результаты моделирования подтвердили, что устойчивость контура управления при неустойчивых компоновки самолётов зависит от микрогеометрии дросселирующих окон золотникового гидрораспределителя в отличии от устойчивых компоновок, в которых автоколебания не наблюдаются, а также показали, что изменение микрогеометрии окна круглой формы золотникового гидрораспределителя на прямоугольное с круглой фаской позволяет избежать появление автоколебаний в контуре управления неустойчивого самолёта.

1. Дубов Ю.Б. Динамика маневренного самолёта на больших углах атаки. Спб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. 392с.

2. Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Аэродинамика самолёта: динамика продольного и бокового движения, М. Машиностроение 1976.
3. Оболенский Ю.Г. Управление полётом маневренных самолётов, М.: Воениздат, 2007. 480с.
4. Гуськов Ю.П., Загайнов Г.И., Управление полётом самолётов. М.: Машиностроение, 1991. 272 с.
5. Рабинович Л. В., Петров Б. И., Терсков В. Г. и др. ; Под ред. д-ра техн. наук проф. Л. Ф. Рабиновича. - Москва : Машиностроение, 1969. - 499 с.

The research of hydraulic slide-valve micro geometry's influence on control loop of stable and unstable aircrafts

Obolenskiy V.Y.
MAI, Moscow, Russia

The transition from stable aerodynamic plane assembly to the ones unstable is intended for improvement of aerodynamic polar. Thus, lift force and redundant energetic power increase with a help of the redistribution of aerodynamic loads operating on the wing and horizontal surface such as aerodynamic «losses» to balance the plane due to elevator's deflection [1].

The research of stable and unstable aerodynamic plane's stability and controllability, flight modes are divided into two sections: the section of «high energy piloting», when the pilot have to take the best position in the shortest possible time for attack an air target and the section of «precision piloting» for the operation in «low» trajectory deviation range, for example in the refueling or aiming.

The researches in The Central Aerohydrodynamic Institute B. C. Manoukyan and M. A. Cluev showed us [2] that the zone of booster insensibility as well as mechanical wiring, connecting electrohydraulic actuator with booster input rocker, led to self-oscillations of an unacceptable amplitude in the control loop of an aerodynamically unstable fighter. As the result of this work, the design of an electrohydraulic actuator appeared, where the steering machine was combined with power slide-valve in a single frame and closed-loop with electrical feedback. The flights were continued, but the questions about the required dynamic sensitivity (i.e. the ability to work out small control signals) by the steering actuator were not fully resolved [3]. For example, there is no data on the effect of the microgeometry of the slide-valve on the dynamic sensitivity in the control loop.

The purpose of this research is to define the influence of actuator's slide-valve microgeometry on aircraft stability and controllability in the "precision piloting" flight mode, in other words, the various slidevalve geometrical configuration influence on the dynamical sensitivity by isolating the linear and nonlinear parts of the control loop using the method of L.S. Goldfarb. For the nonlinear part the actuator is used, for the linear part – control loop with the linearized dynamics flight modes parameters of the aircraft. The mathematical apparatus for the definition of «phase limits of stability», first introduced by L.V.Rabinovich to the theory and practice of controls systems. An assessment was carried out, confirmed by the results of numerical modeling.The simulation results confirmed that the stability of the control loop in unstable aircraft layouts depends on the microgeometry of the throttle orifices of the control slide-valve, in contrast to stable layouts in which self-oscillations are not observed. Moreover, the simulation showed that changing the microgeometry of the round-shaped orifices of the slide control valve to a rectangular one with a round chamfer avoids the appearance of self-oscillations in the control loop of an unstable aircraft.

Выбор дифференциального механизма для резервированного электромеханического привода

Подшибнев В.А., Самсонович С.Л., Чубиков В.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Основным требованием, предъявляемым к резервированному электромеханическому приводу (ЭМП) для беспилотных и пилотируемых ЛА является обеспечение штатной работы при возникновении не менее двух разнородных отказов, в том числе и механических.

Это требование достигается разработкой отказоустойчивой конструкции исполнительного механизма (ИМ) ЭМП, содержащего устройство переключения каналов, необходимое для отключения отказавшего канала.

К таким устройствам относятся управляемые муфты сцепления/расцепления валов и дифференциальные механизмы, снабженные муфтами необратимого движения или промежуточными необратимыми механическими передачами.

Данная работа посвящена выбору дифференциального механизма резервированного электромеханического привода.

Дифференциальный механизм представляет собой трехзвенный механизм, в котором содержатся два входных и одно выходное звено, т.е. механизм, позволяющий получать на выходном звене результирующее движение как сумму или разность скоростей входных звеньев.

Особенность требований к дифференциальному механизму ИМ резервированного ЭМП заключается в требованиях к одинаковости параметров его каналов, обеспечивающих статические и динамические характеристики привода. К таким параметрам относятся: передаточное число, момент инерции, крутильная жесткость, люфт и кинематическая точность.

В качестве таких механизмов могут быть использованы планетарные и волновые передачи.

Проведенный сравнительный анализ дифференциальных механизмов на основе различных планетарных передач свидетельствует, что одинаковость параметров каналов обеспечивают планетарные передачи, типа 2k-h с сдвоенным водилом [1]. Из волновых передач указанным требованиям наиболее близко соответствуют только волновые передачи с промежуточными телами качения, которые содержат сдвоенные сепараторы и входные волнообразователи.

Из сравнения рассмотренных передач следует, что наименьшими массогабаритными показателями в большом диапазоне передаточных чисел обладают дифференциальные механизмы на основе волновых передач с промежуточными телами качения, которые и предлагается использовать в резервированных ЭМП [2].

Литература:

1. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи. – М.: Издательство «Машиностроение», Издание второе, 1966. – 307 с

2. Абдулин Р.Р., Подшибнев В.А., Самсонович С.Л. и др. Резервированный электромеханический привод Патент РФ № 2 736 658 Опубл.: 19.11.2020 Бюл. № 32

Selection of differential gear for redundant electromechanical actuator

Podshibnev V.A., Samsonovich S.L., Chubikov V.N.
MAI, Moscow, Russia

The main requirement for a redundant electromechanical drive (EMD) for unmanned and manned aircraft is to ensure regular operation in the event of at least two dissimilar failures, including mechanical ones.

This requirement is achieved by the development of a fault-tolerant design of the EMD actuator, containing a channel switching device necessary to disconnect the failed channel.

Such devices include controlled shaft couplings/disengagement and differential gears equipped with irreversible motion couplings or intermediate irreversible mechanical transmissions.

This work is devoted to the selection of the differential mechanism of a redundant EMD.

The differential mechanism is a three-link mechanism, which contains two input and one output links, i.e. a mechanism that makes it possible to obtain the resulting movement at the output link as the sum or difference of the speeds of the input links.

The peculiarity of the requirements for the differential mechanism of the redundant EMD actuator lies in the requirements for the same parameters of its channels, which ensure the static and dynamic characteristics of the drive. These parameters include: gear ratio, moment of inertia, torsional stiffness, backlash and kinematic accuracy.

Planetary and harmonic transmissions can be used as such mechanisms.

A comparative analysis of differential mechanisms based on various planetary gears indicates that the same channel parameters are provided by planetary gears, such as 2k-h with a double carrier [1]. Of the harmonic transmissions, only harmonic transmissions with intermediate rolling bodies, which contain double separators and input wave generators, most closely correspond to the specified requirements.

From a comparison of the considered gears, it follows that the smallest weight and dimensions in a wide range of gear ratios are possessed by differential mechanisms based on harmonic gears with intermediate rolling bodies, which are proposed to be used in redundant EMDs [2].

References:

1. Kudryavtsev V.N. Planetary gears. - M .: Publishing house "Mechanical engineering", Second edition, 1966. - 307 p.

2. Abdulin R.R., Podshibnev V.A., Samsonovich S.L. and others. Redundant electromechanical drive RF Patent No. 2 736 658 Publ .: 19.11.2020 Byul. No. 32

Влияние ионизирующего излучения на безопасность гражданских самолетов

Савельев А.С., Берсуцкая О.Д.

МАИ, г. Москва, Россия

Основными источниками атмосферного излучения являются солнечное и галактическое излучение [1]. Нейтроны являются основной причиной воздействия одиночных ионизирующих частиц (ВОИЧ) в полупроводниковых компонентах летательных аппаратов. Современные гражданские самолеты используют высоты и широты, на которых влияние атмосферной радиации значительно. В связи с этим следует изучить влияние излучения на надежность и безопасность.

Электронное оборудование современных бортовых систем разнообразно и может включать простые (резисторы, транзисторы, конденсаторы и т.д.), сложные (микроконтроллеры, ПЛИС) и очень сложные (многоядерные процессоры) электронные компоненты. На сложные и сверхсложные компоненты могут воздействовать ионизирующие частицы [2]. Основными типами ВОИЧ являются:

- Радиационно-индуцированный сбой в одном бите (Single Event Upset).
- Радиационно-индуцированный сбой в нескольких битах (Multiple Bit Upset).
- Радиационно-индуцированный сбой в нескольких ячейках (Multiple Cell Upset).
- Защелкивание транзистора (тиристорный эффект) (Single Event Latchup).
- Эффект пробоя подзатворного диэлектрика (Single Event Gate Rupture).
- Радиационное выжигание (Single Event Burnout).
- Переходный процесс (Single Event Transient).
- «Жесткий» сбой (Single Event Hard Error).
- Одиночное событие прерывания функции (Single Event Functional Interrupt).

Различные типы ВОИЧ могут привести к различным последствиям – кратковременным и постоянным. В связи с этим требуется проведение как качественного анализа ВОИЧ (для определения последствий данных событий), так и количественного анализа (для определения вклада в общую вероятность возникновения отказного состояния системы и самолета).

На данный момент интенсивности различных типов ВОИЧ можно прогнозировать [3].

Принимая во внимание аргументы о влиянии ВОИЧ на надежность и безопасность электронного оборудования, а также последние требования к сертификации [4], авторы предложили свою концепцию учета ВОИЧ в процессе оценки безопасности, т.к. на текущий момент данная методология в регламентирующих стандартах не представлена [5].

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант № 20-31-90028).

Литература:

1. Single Event Effects (SEE) Caused by Atmospheric Radiation. Certification Considerations and an Analysis Method to Demonstrate the Acceptability of Effects on Aircraft, Engine, APU and Propeller Systems and Equipment, caused by Atmospheric Radiation / EASA CM No.: CM–AS-004 Issue 01 issued 08 January 2018

2. Aerospace Information Report AIR6219. Development of Atmospheric Neutron Single Event Effects Analysis for Use in Safety Assessments Issued 08.2018
3. J. C. Pickel, "Single-event effects rate prediction," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 43, no. 2, pp. 483-495, April 1996, doi: 10.1109/23.490895.
4. Development Assurance of Airborne Electronic Hardware / EASA CM No.: EASA CM - SWCEH - 001 Issue 01 issued 11 August 2011
5. SAE ARP 4761 1996 Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment SAE International

Ionizing radiation impact on civil aircraft safety

Savelev A.S., Bersutskaya O.D.
MAI, Moscow, Russia

The main contributors to atmospheric radiation are solar and galactic radiation. [1]. Neutrons have been shown to be the main cause of SEE (Single Event Effect) in semiconductor aircraft devices. Modern civil aircraft use altitudes and latitudes at which the effects of atmospheric radiation are significant. Therefore, the effect of radiation on reliability and safety should be studied.

The electronic equipment of modern onboard systems is diverse and can include simple (resistors, transistors, capacitors, etc.), complex (microcontrollers, FPGAs), and highly complex (multi-core processors) electronic components. Complex and highly complex components can be affected by ionizing particles [2]. The main types of SEE are:

- Radiation-induced failure in one bit (Single Event Upset).
- Radiation-induced failure in several bits (Multiple Bit Upset).
- Radiation-induced failure in several cells (Multiple Cell Upset).
- Latching of the transistor (thyristor effect) (Single Event Latchup).
- Effect of gate dielectric breakdown (Single Event Gate Rupture).
- Radiation burning (Single Event Burnout).
- Transient process (Single Event Transient).
- "Hard" failure (Single Event Hard Error).
- Single Event Functional Interrupt.

Different types of SEE can lead to different consequences – short-term and permanent. In this regard, it is required to conduct both a qualitative analysis of the SEE (to determine the consequences of these events) and a quantitative analysis (to determine the contribution to the system or aircraft failure condition probability).

At the moment, the rate of various types of SEE can be predicted [3].

Taking into account the arguments about the impact of WOCI on the reliability and safety of electronic equipment, as well as the latest certification requirements [4], the authors proposed their own concept of SEE analysis integration to the safety assessment process. at the moment, this methodology is not presented in the regulations [5].

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 20-31-90028).

Оптимизация цветового оформления систем электронной индикации человеко-машинного интерфейса для гражданских самолётов транспортной категории

Силин Н.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

Проблемы человеческого фактора в авиационной отрасли рассматривались неоднократно [2]. Одним из существенных факторов, влияющих на безопасность полетов выступает уровень эргономичности бортового оборудования.

Во многих критических областях промышленности затруднённые условия работы, связанные с неэффективной системой отображения информации, могут привести к катастрофическим последствиям. В связи с этим, в настоящее время остро стоит вопрос о создании критериев, позволяющей оценивать эффективность человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) критичных систем.

ЧМИ представляет собой комплекс технических и информационно-программных средств, посредством которых осуществляется диалоговый режим взаимодействия человека-оператора и вычислительных средств [3].

При разработке визуального оформления ЧМИ для гражданской авиационной техники в соответствии с руководством 25-11А рекомендовано к использованию 8 цветовых оттенков: чёрный, зелёный, красный, голубой, янтарный, белый, пурпурный, коричневый [1]. Неправильная комбинация этих цветов может вызвать у членов экипажа раздражение, что приведет к повышению когнитивной нагрузки и, следовательно, может привести к катастрофическим последствиям. В связи с этим, для выбора эргономичной цветовой пары необходимо учитывать, что:

1) фоновый цвет не должен препятствовать восприятию налагаемых информационных элементов;

2) метки, основанные на изображении органов управления, меню, символы и графика должны оставаться идентифицируемыми и различимыми.

Предложенные рекомендации для оптимизации визуального оформления ЧМИ основаны на выборе цветового решения для фона и текста с учётом видимости цвета на фоне. Каждому сочетанию цветов присваивалась оценка по критериям «Видно» - 100% видимости всех цветов, «Плохо видно» - 50% видимости всех цветов, «Не видно» - 0% видимости всех цветов. Применив критерии, была получена оценка для каждого цвета фона. При условии 100% видимости всех цветов, фону присваивалась максимальная оценка равная 7 (в соответствии с руководством 25-11А использовалось 7 цветов для каждого фона). Наличие цвета с критерием «плохо видно» и «не видно» фону добавлялись баллы 0,5 и 0 соответственно.

Использование сочетания цветов с 50% и 0% видимости при проектировании визуального оформления авиационного интикатора на стенде испытательного оборудованияя привело к увеличению времени выполнения задачи и количество человеческих ошибкок. В связи с этим, разрешается к использованию цвета, имеющие только 100% видимости. Данные цветовые пары предлагаются к дополнению документа [1].

Применение описанного решения при проектировании визуального оформления ЧМИ гражданской авиационной техники позволит сократить затрачиваемое время для выполнения требуемых задач, снизить нагрузку на экипаж, за счет чего повысить безопасность полетов и обеспечить конкурентное преимущество разрабатываемой системы.

Литература:

1. АР МАК, Руководство 25-11А по сертификации систем электронной индикации самолетов транспортной категории, 2009. – 70 с.

2. Артемов А.Д. Человеческий фактор в эксплуатации авиационной техники / Лысаков Н.Д., Лысакова Е.Н. Монография. 2018.

3. Сергеев С. Ф. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов: Учебное пособие. / Падерно П. И., Назаренко Н. А. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 108 с.

Color optimization of electronic indication systems of the human-machine interface for civil airplanes of the transport category

Silin N.D.

MAI, Moscow, Russia

Human factor problems in the aviation industry have been considered many times [2]. One of the significant factors affecting flight safety is the level of onboard equipment ergonomics.

In many critical areas of industry, the difficult working conditions associated with inefficient display systems can be disastrous. In this regard, at present, there is an acute issue of creating criteria that allow evaluating the effectiveness of human-machine interfaces (HMI) of critical systems.

HMI is a complex of technical and information-software tools, through which a dialogue mode of interaction between a human-operator and computing means is carried out [3].

When developing the visual design of the HMI for civil aviation equipment in accordance with the manual 25-11A, it is recommended to use 8 color shades: black, green, red, blue, amber, white, purple, and brown [1]. The wrong combination of these colors can irritate the crew members, which

will lead to an increase in cognitive load and, therefore, can be catastrophic. In this regard, in order to choose an ergonomic color pair, it is necessary to take into account that:

1) the background color should not interfere with the perception of the superimposed information elements;

2) labels based on depictions of controls, menus, symbols and graphics must remain identifiable and distinguishable.

The proposed recommendations for optimizing the visual design of the HMI are based on the choice of a color scheme for the background and text, taking into account the visibility of the color on the background. Each color combination was assigned a score according to the criteria "Visible" – 100% of the visibility of all colors, "Hard to see" – 50% of the visibility of all colors, "Not visible" – 0% of the visibility of all colors. Applying the criteria, a score was obtained for each background color. Assuming 100% visibility of all colors, the background was assigned a maximum rating of 7 (according to Guideline 25-11A, 7 colors were used for each background). The presence of a color with the criterion “hard to see” and “not visible” to the background was added with points of 0.5 and 0, respectively.

The use of a combination of colors with 50% and 0% visibility in the design of the visual design of the aircraft indicator on the test equipment bench led to an increase in the task completion time and the number of human errors. In this regard, it is allowed to use colors that have only 100% visibility. These color pairs are proposed to supplement document [1].

The application of the described solution in the design of the visual design of the HMI of civil aviation equipment will reduce the time spent to perform the required tasks, reduce the workload on the crew, thereby increasing flight safety and providing a competitive advantage of the system being developed.

References:

1. AR IAC, Guidelines 25-11A on certification of electronic display systems for transport category aircraft, 2009. - 70 p.

2. Artemov A.D. The human factor in the operation of aviation equipment / Lysakov N.D., Lysakova E.N. Monograph. 2018.

3. Sergeev S. F. Introduction to the design of intelligent interfaces: textbook. / Paderno P.I., Nazarenko N.A. - SPb: SPbGU ITMO, 2011 .-- 108 p.

Адаптивная калибровка датчиков для беспилотного летательного аппарата

Смирнов В.А.

АО «ГосМКБ «Вымпел» им.И.И. Торопова», г. Москва, Россия

В настоящее время актуален вопрос создания технических средств для испытаний образцов систем управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Одна из основных проблем при создании таких систем – «человеческий фактор». В зависимости от определенных ситуаций это приводит к различным ошибкам и недочетам, которые могут отрицательно сказаться на конструкции системы в целом.

Один из способов решения вышеуказанных проблем – использование нейронных сетей. Возможности нейронных сетей позволяют без вмешательства человека выводить формулу зависимости показаний датчика от измеряемой величины. Эта особенность позволяет уйти от необходимости изготавливать высокточные конструкции для изделий. Нейронная сеть определит особенности конструкции изготавливаемого изделия и выведет необходимые формулы с учетом имеющихся отклонений.

Чтобы построить калибровочный стенд, необходимо подключить его к датчикам БПЛА, которые необходимо откалибровать, а также к устройству с эталонным считыванием измеренного значения.

Датчики калибруются традиционным способом: записываются показания датчиков, а затем рассчитываются значения летных характеристик по формулам. После этого полученные значения сравнивают с эталонными показаниями и при необходимости вносят необходимые корректировки.

Теперь давайте посмотрим, как калибровать датчики с помощью нейронных сетей. Записав значения датчиков и эталонные показания, обучим на них нейронную сеть. Значения датчика будут указаны как входные данные, а показания эталонного устройства – как выходные. Затем обученная нейронная сеть должна быть загружена в систему управления БПЛА.

Для получения точных параметров при использовании формул расчетов требуется качественное изготовление стенда БПЛА, а также последующая корректировка формул с использованием поправочных коэффициентов.

При этом, применяя метод с помощью нейронной сети, вам нужно только правильно смоделировать процесс технического обучения, а нейросеть самоустранит неточности проектирования и выполнит расчет поправочных коэффициентов на основе внутренних алгоритмов, что сокращает время и усилия при разработке системы управления БПЛА.

Литература:

1. Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г. Управление и наведение беспилотных манёвренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий. М.: Физмалит, 2003.

2. Смирнов В.А., Снедков А.Б. Адаптивная калибровка датчика угла гироскопа // Омский научный вестник. 2021. № 3 (177).

3. Смирнов В.А. Анализ факторов, влияющих на состав системы управления беспилотного летательного аппарата // Евразийский союз ученых. 2020. Выпуск 4-4 (73).

Adaptive sensor calibration for an unmanned aerial vehicle

Smirnov V.A.

State Mashine Building Design Bureau “Vympel”, Moscow, Russia

Currently, the issue of creating technical means for testing samples of control systems for unmanned aerial vehicles (UAVs) is urgent. One of the main problems in creating such systems is the “human factor”. Depending on certain situations, this leads to the appearance of various kinds of errors and shortcomings, which can negatively affect the design of the system as a whole.

One of the ways to solve the above problems is to use neural networks. The capabilities of neural networks make it possible to derive a formula for the dependence of the sensors readings on the measured value without human intervention. This feature makes it possible to move away from the need to manufacture structures of products with increased accuracy. The neural network will identify the features of the manufactured design of products, and output the necessary formulas already taking into account the existing deviations.

To build a calibration stand, it is necessary to fix the sensors that need to be calibrated on the UAV, as well as the device with a reference reading of the measured value.

The sensors are calibrated in the traditional way as follows: the readings of the sensors are recorded, and then, using formulas, the values of the flight characteristics are calculated. After that, the obtained values are compared with the reference readings and, if necessary, the necessary adjustments are made.

Now let's look at a method for calibrating sensors using neural networks. Having written down the values of the sensors and the reference readings, we will train the neural network on them. The sensor values will be denoted as input data, and the readings of the reference device will be denoted as output data. Next, the trained neural network must be loaded into the UAV control system.

To obtain accurate parameters when using formula calculations, a high quality of manufacturing of the UAV stand is required, as well as subsequent adjustment of the formulas using correction factors.

At the same time, applying the method using a neural network, it is only necessary to correctly simulate the technical learning process, and the neural network will carry out design inaccuracies and the calculation of correction coefficients on its own on the basis of internal algorithms, which allows to reduce time and reduce labor costs when designing a UAV control system.

References:

1. Krasilshchikov M.N., Sebryakov G.G. Control and guidance of unmanned maneuvering aircraft based on modern information technologies. M .: Fizmalit, 2003.

2. Smirnov V.A., Snedkov A.B. Adaptive calibration of the gyroscope angle sensor // Omsk Scientific Bulletin. 2021. No. 3 (177).
3. Smirnov V.A. Analysis of factors affecting the composition of the control system of an unmanned aerial vehicle // Eurasian Union of Scientists. 2020. Issue 4-4 (73). S. 65-70.

Формирование единого геоинформационного пространства бортовых и наземных комплексов летательных аппаратов

Шелагурова М.С., Лещук О.Г., Рябичев А.А.
АО «РПКБ», г. Раменское, Россия

АО «РПКБ» является ведущим российским разработчиком бортовых и наземных комплексов самолетов, вертолетов, беспилотных летательных аппаратов (ЛА) и одним из первых отечественных предприятий, внедривших использование геоинформации в бортовых комплексах (БГИС).

К задачам БГИС относятся следующие основные режимы:

1. Формирование двумерной векторной электронной карты местности (2D).
2. Формирование карт оттененного рельефа (ТНМ).
3. Формирование гибридных карт.
4. Формирование трехмерного закабинного пространства (3D).

Бортовые карты заранее готовятся в наземных комплексах подготовки полетных данных (НКППД), в состав которых входит автоматизированное рабочее место оператора с установленным специальным программным обеспечением (СПО) наземной геоинформационной системы (НГИС). На протяжении многих лет бортовые карты в НКППД готовились «вслепую», то есть оператор конвертировал карты, а их проверка могла происходить только в БГС. Это сильно замедляло разработку БГИС, потому что данный процесс был значительно разнесен по времени и по исполнителям.

В ходе исследований были разработаны динамически подключаемых библиотеки отображения 2D карт, карт ТНМ и 3D.

Отличительной особенностью разработанных библиотек является следующее:

1. независимость от аппаратной основы;
2. независимость от операционной системы;
3. независимость от разрешений экранов индикаторов.

Каждая из библиотек использует единую мировую географическую систему координат, обеспечивающую высокоточные преобразования географических координат при полном покрытии земного шара, включая полярные зоны. Основная идея заключается в том, что картографическая информация хранится в глобальной системе координат по широтным зонам Земли в угловой мере, для полярных зон используется полярная азимутальная эквидистантная проекция. Проекция на плоскость производится непосредственно на борту относительно точки, соответствующей положению ЛА или «наблюдателя». Подобный подход позволяет с минимальными искажениями осуществлять проекционные преобразования, а также совмещать при обработке различные виды картографической информации.

Кроме просмотра имеющихся карт формата SXF и конвертации карт формата SXF в бортовой формат, СПО НГИС благодаря разработанным библиотекам и базе геоданных в настоящее время обеспечивает:

1. Просмотр имеющихся бортовых карт каждого масштаба.
2. Визуализацию бортовых карт с имитацией экранов бортовых многофункциональных индикаторов.

Данный инновационный функционал позволяет:

• Проконтролировать качество подготовленных бортовых карт.

• Использовать возможности бортовых карт, например, «подсветку» зон информативного рельефа, для прокладки оптимального маршрута.

• Обеспечить тренаж летного состава по работе с картографической информацией.

Разработка бортовых и наземных геоинформационных систем потребовала решения сложных наукоемких задач в области функционального обеспечения. В ходе разработки

решены уникальные задачи по оптимизации представления картографической информации в бортовом формате, что позволило обеспечить информационную поддержку экипажа на борту ЛА в режиме реального времени. Функционал бортовых и наземных геоинформационных систем основан на использовании самых передовых методов, при этом все идеи доведены до практической реализации с внедрением в бортовые комплексы самых перспективных самолетов и вертолетов Российской Федерации.

Formation of a single geoinformation space of on-board and ground complexes of aircraft

[1]Shelagurova M.S., [2]Leschuk O.G., [2]Ryabichev

[2]JSC RDC, Ramenskoye, Russia

JSC "Ramenskoe Design Company" is a leading Russian developer of on-board and ground-based complexes of aircraft, helicopters, unmanned aerial vehicles and one of the first domestic enterprises to introduce the use of geo-information in on-board complexes.

The tasks of geo-information board complexes include the following main modes:

1. Formation of a two-dimensional vector electronic map (2D).
2. Formation of shaded relief maps (THM).
3. Formation of hybrid maps.
4. Formation of three-dimensional space behind the cockpit (3D).

Onboard maps are prepared in ground-based complexes. For many years, the on-board maps were prepared "blindly", that is, the operator converted the maps, and their verification could only take place in the on-board graphic stations. This greatly slowed down the development of geo-information, because this process was significantly scattered in time and by performer.

In the course of the research, dynamically libraries for displaying 2D maps, THM and 3D maps were developed.

A distinctive feature of the developed libraries is the following:

1. Independence from the hardware base.
2. Independence from the operating system.
3. Independence from the screen resolutions of indicators.

Each of the libraries uses a single global geographic coordinate system that provides high-precision transformations of geographical coordinates with full coverage of the globe, including polar zones. The basic idea is that cartographic information is stored in the global coordinate system for the latitudinal zones of the Earth in angular measure, for polar zones the polar azimuthal equidistant projection is used. The projection onto the plane is made directly on board relative to the point corresponding to the position of the aircraft or the "observer". This approach makes it possible to carry out projection transformations with minimal distortion, as well as combine various types of cartographic information during processing.

Efficiency thanks to the developed libraries and the geodata database ground-based complexes currently provides:

1. View available onboard maps of each scale.
2. Visualization of on-board maps with imitation of on-board multifunctional indicators screens.

This innovative functionality allows:

• To check the quality of the prepared on-board maps.

• To use the capabilities of on-board maps, for example, the "illumination" of informative relief zones, to plot the optimal route.

• Provide drainage for flight personnel to work with cartographic information.

This increases the efficiency of the crew performing navigation and piloting tasks on board the aircraft.

The development of airborne and ground-based geoinformation systems required the solution of complex knowledge-intensive tasks in the field of functional support. During the development, unique tasks were solved to optimize the presentation of cartographic information in on-board format, which made it possible to provide information support to the crew on board the aircraft in real time. The functionality of onboard and ground-based geoinformation systems is based on the use of the most advanced methods, while all ideas have been brought to practical

implementation with the introduction of the most promising aircraft and helicopters of the Russian Federation into the onboard complexes.

Исследование работы электромагнитного тормоза в составе аварийной системы электроснабжения

Широков А.А., Тишков В.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Система электроснабжения летательного аппарата состоит из основной, вспомогательной и аварийной систем, каждая из которых имеет свои источники электроэнергии. Аварийными источниками являются: аккумуляторная батарея, преобразователь постоянного тока в переменный, питаемый от аккумулятора, и генератор ветроэлектрической установки.

В настоящее время проблема ограниченного времени работы аварийной системы электроснабжения летательного аппарата, как правило, решается путем использования аварийной авиационной ветроэлектрической установки (АВЭУ).

При использовании АВЭУ в качестве аварийного источника электропитания главной проблемой является стабилизация частоты вращения вала генератора, которая напрямую зависит от скорости полета ЛА. Существующий в настоящее время стабилизатор с центробежным регулятором в силу низкого быстродействия не способен полностью стабилизировать частоту вращения ротора, а способен лишь ограничить диапазон её изменения. Из-за этого накладываются жесткие требования на пилотирование самолёта с выпущенной генераторной ветроустановкой. В качестве нового технического решения для более глубокой и быстрой стабилизации частоты вращения вала АВЭУ в работе исследована возможность применения электромагнитного тормоза (ЭМТ). При включении, ЭМТ создает дополнительный тормозной момент, что, тем самым, препятствует увеличению скорости вращения вала генератора. Главными преимуществами применения такого типа стабилизатора является быстродействие, эффективность, низкая энергозатратность, автоматизация и гибкость регулирования.

Рассмотрен принцип действия электромагнитного тормоза и представлена упрощенная структурная схема аварийной системы электроснабжения самолета. Предложен пример конструкции электромагнитного тормоза для установки на АВЭУ, а также представлены результаты конечно-элементного анализа магнитного поля и плотности тока во вращающейся части электродинамического стабилизатора частоты вращения. Проведено исследование различных материалов и толщины ротора электромагнитного тормоза с целью нахождения наибольшего значения тормозного момента. Получены основные зависимости тормозного момента от тока возбуждения, толщины ротора и частоты вращения АВЭУ. Выполнено моделирование тепловых процессов электромагнитного тормоза с целью нахождения максимальной температуры ротора, по результатам которого построены зависимости температуры от частоты вращения ротора при различном токе возбуждения электромагнитного тормоза.

Investigation of the operation electromagnetic brake as part of an emergency power supply system

Shirokov A.A., Tishkov V.V.
MAI, Moscow, Russia

The power supply system of the aircraft consists of the main, auxiliary and emergency systems, each of which has its own sources of electricity. Emergency sources are: a rechargeable battery, a DC-to-AC converter powered by a battery, and a generator of a wind power plant.

Currently, the problem of the limited operating time of the emergency power supply system of the aircraft, as a rule, is solved by using an emergency aviation wind power plant (AWP).

When using the AWP as an emergency power source, the main problem is the stabilization of the rotational speed of the generator shaft, which directly depends on the flight speed of the aircraft. The currently existing stabilizer with a centrifugal regulator, due to its low speed, is not able to fully stabilize the rotor speed, but is only able to limit the range of its change. Because of this, strict

requirements are imposed on piloting an aircraft with a released generator wind turbine. As a new technical solution for deeper and faster stabilization of the rotational speed of the AWP shaft, the possibility of using an electromagnetic brake (EMB) is investigated. When switched on, the EMB creates an additional braking torque, which, thereby, prevents an increase in the speed of rotation of the generator shaft. The main advantages of using this type of stabilizer are speed, efficiency, low energy consumption, automation and flexibility of regulation.

The principle of operation of the electromagnetic brake is considered and a simplified block diagram of the emergency power supply system of the aircraft is presented. An example of the design of an electromagnetic brake for installation on an AWP is proposed, and the results of finite element analysis of the magnetic field and current density in the rotating part of the electrodynamic speed stabilizer are presented. A study of various materials and the thickness of the electromagnetic brake rotor was carried out in order to find the highest value of the braking torque. The main dependences of the braking torque on the excitation current, the thickness of the rotor and the rotational speed of the AWP are obtained. The simulation of thermal processes of the electromagnetic brake is carried out in order to find the maximum temperature of the rotor, based on the results of which the temperature dependences on the rotor speed are constructed at different excitation currents of the electromagnetic brake.

7. Математические методы в аэрокосмической науке и технике

7. Mathematical methods in aerospace science and technology

Comparison of Synthetic vs Augmented Dataset Metrics on YOLO Algorithm

Gasparovic Goran, Alen Glebo, Josip Volf, Domina Sokol
University of Split, Split, Croatia

In this paper a step by step guide for synthetic data generation will be presented. This can prove effective when training algorithms like You Only Look Once (YOLO), YOLO v2, YOLO v3 as they are one-stage detection algorithms. When taking into consideration how time expensive it is to prepare real world data versus synthetic data, synthetic data wins by a large margin. In this case, it was necessary to produce a synthetic dataset of specific targets on the ground taken from an unmanned aerial vehicle (UAV) from several flight heights or levels. Producing a synthetic dataset makes it possible to train the model for a highly specific tasks, i.e. specific target or object class. The first step was determining ground sample distance (GSD), or how much of the ground is covered with a single image frame taken by the UAV. In the case at question, it was necessary to produce synthetic images from two flight levels (152 m and 54 m AGL) with varying shape, colour, and alpha numeric characters. Image generation was split into two parts, first part being determining the random position of the shape in the background image, and the second one, random shape generation with randomly chosen alpha numeric characters and colours. From ground sample distance, the information on how large (or small) objects appear to be in a single image frame was obtained, providing the bounding boxes for the objects that needed to be filled with random shapes. This was done for two flight levels and for two object sizes, yielding four bounding boxes. This proved to be a success as training labels for YOLO algorithm come in a form of a data vector with four numeric values and one string value. Four numeric values correspond to x and y values of a scribed rectangle while other two are width and height. String values is the target class. This allowed the generation of labelled synthetic images ready for the training of said algorithm. Total output of this approach is 134768 images with labels ready for training for only one class, in this case, named target. YOLO v2 was trained on this dataset and achieved an average precision of 64% which was significantly better then in the case of real-world drone data, only 31%. Future work will be focused on splitting the dataset into nine classes or nine targets and improving the average precision.

Нелинейный анализ устойчивости коллинеарной точки либрации L1 в плоской ограниченной слабоэллиптической фотогравитационной задаче трех тел при резонансах третьего порядка

Авдюшкин А.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается движение частицы малой массы в гравитационном поле сил двух массивных тел, которые также обладают световым излучением и воздействуют на частицу репульсивными силами светового давления. Тела движутся по кеплеровским орбитам вокруг их общего центра масс, а частица находится в плоскости их движения. В данной задаче возможен частный случай движения частицы, когда она все время находится на отрезке, соединяющем тела. Такое ее положение называют коллинеарной точкой либрации L1. В работах [1,2,3,4] исследовалась устойчивость коллинеарной точки либрации L1 в случае круговых орбит притягивающих и излучающих тел, а также в случае их равных масс и интенсивностей излучения.

В данной работе предполагается, что тела движутся по слабоэллиптическим орбитам, а их массы и интенсивности излучения принимают произвольные значения. На основе метода нормальных форм и КАМ теории был выполнен нелинейный анализ устойчивости L1. В пространстве параметров задачи построены области формальной устойчивости и области

устойчивости для большинства начальных условий. Показано, что при резонансах третьего порядка возникает неустойчивость.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №20-31-90064).

Литература:

1. Тхай Н.В. Устойчивость коллинеарных точек либрации при внутреннем резонансе третьего порядка // Автоматика и телемеханика. 2011. № 9. С. 121–126

2. Тхай Н.В. Устойчивость коллинеарных точек либрации фотогравитационной задачи трех тел при внутреннем резонансе четвертого порядка // ПММ. 2012. Т. 76. Вып. 4. С. 610–615

3. Bardin B.S., Avdyushkin A.N. Stability analysis of an equilibrium position in the photogravitational Sitnikov problem // AIP Conference Proceedings 1959, 040002 (2018). doi:10.1063/1.5034605

4. Bardin B.S., Avdyushkin A.N. Stability of the collinear point L1 in the planar restricted photogravitational three-body problem in the case of equal masses of primaries // 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012015 (2020). doi:10.1088/1757-899X/927/1/012015

Nonlinear stability analysis of the collinear libration point L1 in the planar restricted weakly-elliptical photogravitational three-body problem in the case of third order resonances

Avdyushkin A.N.

MAI, Moscow, Russia

There is considered the motion of a low-mass particle in the gravitational field of forces of two massive bodies, which also have light radiation and act on the particle by repulsive forces of light pressure. Bodies move in Keplerian orbits around their common center of mass, and the particle is in the plane of their motion. There is possible a special case of particle motion in this problem when it is always on the segment connecting the bodies. This position is called the collinear libration point L1. In [1,2,3,4] the stability of the collinear libration point L1 was studied in the case of circular orbits of attracting and emitting bodies, as well as in the case of their equal masses and radiation intensities.

In this paper, it is assumed that bodies move in weakly-elliptical orbits, and their masses and radiation intensities take arbitrary values. Based on the method of normal forms and KAM theory, a nonlinear stability analysis of the collinear point L1 was performed. Formal stability domains and stability domains for most initial conditions are constructed in the parameter space of the problem. It is shown that instability occurs at third-order resonances.

The research was performed at the Moscow Aviation Institute (National Research University) with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (grant №20-31-90064).

References:

1. Tkhai N.V. On stability of the collinear libration points under internal third-order resonance // Autom Remote Control 72, 1906 (2011)

2. Tkhai N.V. Stability of the collinear libration points of the photogravitational three-body problem with an internal fourth order resonance // J. Appl. Math. Mech. Vol. 76. Issue 4. 2012. Pp 441-445

3. Bardin B.S., Avdyushkin A.N. Stability analysis of an equilibrium position in the photogravitational Sitnikov problem // AIP Conference Proceedings 1959, 040002 (2018). doi:10.1063/1.5034605

4. Bardin B.S., Avdyushkin A.N. Stability of the collinear point L1 in the planar restricted photogravitational three-body problem in the case of equal masses of primaries // 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012015 (2020). doi:10.1088/1757-899X/927/1/012015

Бифуркация периодических движений динамически симметричного спутника, близких к его конической прецессии, в случае кратного внешнего резонанса

Антипов А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается движение спутника относительно центра масс в центральном в гравитационном поле. Спутник моделируется динамически симметричным твердым телом, центр масс которого движется слабоэллиптической орбите. Как с теоретической точки зрения, так и для приложений представляет интерес задача о периодических движениях спутника близких к его конической прецессии. При отсутствии внешнего резонанса эти движения могут быть построены в виде рядов по степеням малого параметра – эксцентриситета орбиты e [1,2]. В [3,4] на основании методики работ [5-7], был рассмотрен случай внешнего резонанса и указанные периодические движения были построены в форме асимптотических разложений по степеням e^1/3, а также исследована их бифуркация.

В данной работе рассматривается неисследованный ранее резонансный случай кратного резонанса, когда частоты линейной системы относятся как 1:2, а наименьшая из них совпадает с частотой внешнего возмущения, вызванного эллиптичностью орбиты. Разработан конструктивный алгоритм, позволяющий исследовать вопрос бифуркации и построить периодические движений неавтономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы при кратном резонансе указанного выше типа. На основе данного алгоритма построены резонансные периодические движения в виде рядов по дробным степеням эксцентриситета. Исследован вопрос о бифуркации построенных периодических решений. Определено количество различных периодических решений и указаны области значений параметров, при которых они существуют.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-01-00637.

Литература:

1. Белецкий В.В. Движение спутника относительно центра масс в гравитационном поле. – М.:МГУ, 1975. 308с.

2. Сарычев В.А. Асимптотически устойчивые стационарные вращения спутника. Космич. исслед., Т. 3, № 5, с. 667-673 (1965).

3. Чеховская Т.Н. Резонансные периодические движения осесимметричного спутника на эллиптической орбите», Космич. исслед., Т. 24, №. 1, с. 15-23 (1986).

4. Bardin B.S., Antipov A.A. On resonant periodic motions close to conical precession of a dynamically symmetric satellite in a weakly elliptic orbit. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 927 012016 (2020).

5. Маркеев А.П., Чеховская Т.Н. О резонансных периодических решениях Гамильтоновых систем, рождающихся из положения равновесия, ППМ Вып. 46, с. 27-33 (1982).

6. Бардин Б.С. О ветвлении периодических решений системы близкой к системе Ляпунова. ПММ 63, № 4, с. 538-547 (1975).

7. Бардин Б.С. Периодические решения систем близких к системам Ляпунова, М: Изд-во МАИ, 60 С. (2005).

Bifurcation of periodic motions of a dynamic symmetric satellite emanating from conical precession in the case of multiple external resonance

Antipov A.A.
MAI, Moscow, Russia

The motion of the satellite relative to the center of mass in the central gravitational field is considered. The satellite is modeled by a dynamically symmetric rigid body, the center of mass of which motion in a elliptical orbit. Both from a theoretical point of view and for applications, the problem of periodic motions of a satellite emanating from conical precession is of interest. In the absence of external resonance, these motions can be constructed as series by degrees of a small parameter – the eccentricity of the orbit e [1,2]. In [3,4], based on the methodology of [5-7], the case

of external resonance was considered and the indicated periodic motions were constructed in the form of asymptotic expansions in degrees e^1/3, and their bifurcation was also investigated.

In this paper, the previously unexplored resonant case of multiple resonance is considered, when the frequencies of a linear system are related as 1:2, and the smallest of them coincides with the frequency of an external disturbance caused by the ellipticity of the orbit. A constructive algorithm has been developed that allows us to investigate the issue of bifurcation and construct periodic motions of a non-autonomous Hamiltonian system with two degrees of freedom at a multiple resonance of the above type. On the basis of this algorithm, resonant periodic motions are constructed in the form of series of fractional degrees of eccentricity. The question of bifurcation of constructed periodic motions is investigated. The number of different periodic motions is determined and the ranges of parameter values at which they exist are indicated.

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research, project No. 20-01-00637.

Задача об орбитальной устойчивости колебаний тяжелого твердого тела в случае Бобылева-Стеклова при наличии вырождения

Бардин Б.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается задача об орбитальной устойчивости маятниковых колебаний твердого тела с одной неподвижной точкой в однородном поле тяжести. Предполагается, что имеет место случай Бобылева-Стеклова, т.е. два главных момента инерции тела, вычисленных для неподвижной точки, находятся в отношении 1:2, а центр масс тела лежит на главной оси инерции, которая соответствует наибольшему из этих двух моментов инерции. В этом случае возможны плоские маятниковые колебания и вращения тела относительно третьей главной оси эллипсоида инерции. В работе [1] на основании нелинейного анализа уравнений возмущенного движения исследовалась орбитальная устойчивость указанных колебаний и вращений.

В данной работе рассматривается неисследованный ранее случай, когда для решения вопроса об орбитальной устойчивости маятниковых колебаний необходимо проводить нелинейный анализ с учетом членов выше четвертой степени в разложении гамильтониана уравнений возмущенного движения. Для исследования данного вырожденного случая на основании методики работ [2,3] была построена каноническая замена переменных, позволяющая ввести локальные координаты в окрестности невозмущенной периодической орбиты и получить явный вид гамильтониана уравнений возмущенного движения до членов шестой степени включительно. Выводы об орбитальной устойчивости были получены при помощи методов теории КАМ. С этой целью на основании алгоритма, предложенного в [4], было построено симплектическое отображение, генерируемое фазовым потоком уравнений возмущенного движения. Оказалось, что в указанном выше вырожденном случае имеет место орбитальная устойчивость маятниковых колебаний. Решение данной задачи полностью закрывает вопрос об орбитальной устойчивости маятниковых периодических движений в случае Бобылева-Стеклова.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) за счет гранта Российского научного фонда (проекта № 19-11-00116).

Литература:

1. Bardin B.S., Rudenko T.V., Savin A.A. On the orbital stability of planar periodic motions of a rigid body in the Bobylev-Steklov case. – Regular and Chaotic Dynamics. 2012, Vol. 17, № 6. pp. 533-546.

2. Bardin B.S., On a Method of Introducing Local Coordinates in the Problem of the Orbital Stability of Planar Periodic Motions of a Rigid Body. – Rus. J. Nonlin. Dyn., 2020. vol. 16, no. 4, pp. 581–594.

3. Bardin B.S. Local coordinates in problem of the orbital stability of pendulum-like

oscillations of a heavy rigid body in the Bobylev–Steklov case. – 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1925, 012016.
4. Маркеев А. П. Об одном способе исследования устойчивости положений равновесия гамильтоновых систем – МТТ, 2004, № 6, с. 3–12.

Problem on orbital stability of oscillations of a heavy rigi body in the Bobylev–Steklov case in presence of a degeneracy

Bardin B.S.
MAI, Moscow, Russia

The problem of the orbital stability of pendulum oscillations of a rigid body with one fixed point in a homogeneous gravity field is considered. It is assumed that the Bobylev-Steklov case takes place, i.e. the two main moments of inertia of a body, calculated for a fixed point, are in a ratio of 1: 2, and the center of mass of the body lies on the main axis of inertia, which corresponds to the largest of these two moments of inertia. In this case, plane pendulum oscillations and rotations of the body about the third principal axis of the ellipsoid of inertia are possible. In [1], the orbital stability of the above oscillations and rotations was investigated on the basis of a nonlinear analysis of the equations of perturbed motion.

In this paper, we consider a previously unexplored case when, in order to solve the problem of the orbital stability of pendulum oscillations, it is necessary to perform a nonlinear analysis taking into account terms higher than the fourth power in the expansion of the Hamiltonian of the equations of perturbed motion. To study this degenerate case, based on the methodology of [2, 3], a canonical change of variables was constructed, which makes it possible to introduce local coordinates in the vicinity of an unperturbed periodic orbit and obtain an explicit form of the Hamiltonian of the equations of perturbed motion up to terms of the sixth degree inclusive. Conclusions about orbital stability were obtained using the methods of the KAM theory. For this purpose, based on the algorithm proposed in [4], a symplectic mapping generated by the phase flow of the equations of perturbed motion was constructed. It turned out that the orbital stability of pendulum oscillations takes place in the above-mentioned case of degeneracy. The solution of this problem completely closes the question of the orbital stability of periodic pendulum motions in the case of Bobylev-Steklov.

The work was carried out under the grant of the Russian Scientific Foundation (project No 19-11-00116) at Moscow Aviation Institute (National Research University).

References:

1. Bardin B.S., Rudenko T.V., Savin A.A. On the orbital stability of planar periodic motions of a rigid body in the Bobylev-Steklov case. – Regular and Chaotic Dynamics. 2012, Vol. 17, № 6. pp. 533-546.
2. Bardin B.S., On a Method of Introducing Local Coordinates in the Problem of the Orbital Stability of Planar Periodic Motions of a Rigid Body. – Rus. J. Nonlin. Dyn., 2020. vol. 16, no. 4, pp. 581–594.
3. Bardin B.S. Local coordinates in problem of the orbital stability of pendulum-like
oscillations of a heavy rigid body in the Bobylev–Steklov case. – 2021, J. Phys.: Conf. Ser. 1925, 012016.
4. Markeev, A. P. On a method for stability investigation of equilibrium positions of Hamiltonian systems – Izv. Ross. Akad. Nauk. Mekh. Tverd. Tela., 2004, no. 6, pp. 3–12.

Исследование устойчивости положений равновесия твердого тела с центром масс в главной плоскости инерции с вибрирующей точкой подвеса

Беличенко М.В.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе рассматривается движение твёрдого тела, точка подвеса которого совершает вибрации малой амплитуды и большой частоты вдоль вертикального эллипса. Изучен случай тела с центром масс в главной плоскости инерции. Получена автономная система

дифференциальных уравнений движения в гамильтоновой форме. Рассмотрен вопрос о существовании и устойчивости положений относительного равновесия тела.

Получено, что в зависимости от интенсивности вибраций, система уравнений может иметь от четырёх до восьми качественно различных положений равновесия. При любых значениях интенсивности вибраций существуют положения равновесия, для которых центр масс тела лежит на одной вертикали с точкой подвеса, выше или ниже её. При этом главная плоскость инерции тела, содержащая центр масс, либо совпадает с плоскостью движения точки подвеса, либо перпендикулярна ей.

При увеличении интенсивности вибраций появляются боковые положения равновесия тела, при которых центр масс тела лежит в плоскости вибраций точки подвеса или в перпендикулярной ей плоскости. При этом, если интенсивность вертикальной составляющей вибраций значительно сильнее интенсивности горизонтальной составляющей, то для боковых положений равновесия радиус-вектор центра масс тела составит с вертикалью острый угол. Если же горизонтальная составляющая вибраций интенсивнее вертикальной, то угол между радиус-вектором центра масс тела и вертикалью тупой.

Для найденных положений равновесия получены необходимые и достаточные условия устойчивости. Достаточные условия устойчивости были получены, как условие минимума потенциальной энергии системы, а необходимые условия устойчивости – как условие того, что действительные части корней характеристического уравнения линеаризованной системы уравнений возмущённого движения равны нулю. Исследование показало, что необходимые условия устойчивости совпали с достаточными.

Получено, что при слабых вибрациях устойчиво одно из двух нижних положений равновесия. В случае, когда вертикальная составляющая вибраций значительно интенсивнее горизонтальной, одно из верхних вертикальных положений равновесия становится устойчивым. Если же горизонтальная составляющая вибраций значительно интенсивнее вертикальных, то нижнее положение становится неустойчивым, но появляются два боковых устойчивых положения равновесия, при которых радиус-вектор центра масс лежит в плоскости вибраций, и составляет с вертикалью тупой угол.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) за счет гранта Российского научного фонда (проект №19-11-00116).

Investigation of stability of equilibrium positions of a rigid body with a mass center in the principal plane of inertia with a vibrating suspension point

Belichenko M.V.

MAI, Moscow, Russia

We consider the motion of a rigid body with a suspension point vibrating with small amplitude and high frequency along a vertical ellipse. The case of a body with its mass centre in the principal plane of inertia is studied. The autonomous system of differential equations of motion in Hamiltonian form is obtained. The question of existence and stability of the body relative equilibrium positions is considered.

It was found that, depending on the intensity of the vibrations, the system can have from four to eight qualitatively different equilibrium positions. At all vibration intensities, there are equilibrium positions for which the body mass center lies on the vertical axis, above or below the suspension point. The principal plane of inertia of the body either coincides with the plane of motion of the suspension point or is perpendicular to it.

As the vibration intensity increases, lateral equilibriums of the body appear, in which the body mass centre lies in the plane of vibration of the suspension point or in the plane perpendicular to it. If the intensity of the vertical vibration component is much stronger than the intensity of the horizontal component, the radius-vector of the body mass centre will form an acute angle with the vertical for the lateral equilibrium positions. If the horizontal component of vibration is more intense than the vertical component, the angle between the radius-vector of the body mass centre and the vertical is obtuse.

Necessary and sufficient stability conditions for the found equilibrium positions have been obtained. The sufficient stability conditions were obtained as the system potential energy minimum condition and the necessary stability conditions were obtained as the condition that the real parts of the roots of the characteristic equation of the linearized system of perturbed motion equations are equal to zero. The study showed that the necessary stability conditions coincided with the sufficient conditions.

It is obtained that at weak vibrations only one of the two lower equilibrium positions is stable. In the case where the vertical vibration component is much more intensive than the horizontal vibration component, one of the upper vertical equilibrium positions becomes stable. If the horizontal component of vibration is much stronger than the vertical component, the lower position becomes unstable, but two lateral equilibrium positions appear, at which the mass centre radius-vector lies in the vibration plane, and makes an obtuse angle with the vertical.

The research was carried out at the Moscow Aviation Institute (national research University) with a grant from the Russian Science Foundation (project 19-11-0116).

Быстрый алгоритм нахождения баз гиперграфов для операций объединения и пересечения

Берецкий И.С., Мокряков А.В., Егорова Е.К.
МАИ, г. Москва, Россия

Множество пар (p, q), … (x, y) называется базой экстремального 2-однородного гиперграфа G, если выполняются следующие условия:

1) Все пары базы принадлежат гиперграфу G.

2) В рамках базы нельзя установить отношение частичного порядка.

3) Для любого ребра (i,j) гиперграфа G, существует такая пара (x, y) базы, что i≤x и j≤y.

4) Если для ребра (i,j) выполняется i≤x и j≤y, где (x, y) - база, то данное ребро принадлежит гиперграфу G.

Алгоритм 1. Алгоритм быстрого нахождения объединения баз гиперграфов.

Входные данные: 2 базы вида (m_1, x_1), … (k_1, y_1) и (m_2, x_2), … (k_2, y_2) ,

Где m_1< x_1< k_1<y_1, m_2< x_2< k_2< y_2.

n - max (y_1, y_2)

Локальные переменные: i <= max (k_1, k_2), j < = n, временный объект temp=(⟦temp⟧_1, ⟦temp⟧_2).

Выходные данные: результирующая база.

Шаг 0. i = 0.

Шаг 1. i ++. если i > max (k_1, k_2), то выгружаем temp в результирующую базу и заканчиваем алгоритм.

Шаг 2. Поищем элемент (i, …) в первой и второй базе. Троеточие означает, что нам не важно второе число пары, мы ищем только соответствие первых чисел. Если находим оба элемента, то переходим к шагу 5. Если только один – шаг 4.

Шаг 3. Если в обеих базах нет элемента (i, …), переходим к шагу 1.

Шаг 4. Если элемент temp ещё не задан, то записываем в него (i, max (j, n)). Переходим к шагу 1.

Сравниваем нынешний элемент (i, j) с элементом temp. Если ⟦temp⟧_2 > j, то выгружаем temp в результирующую базу.

Заменяем temp на (i, max (j, n)). Переходим к шагу 1.

Шаг 5. Если элемент temp ещё не задан, то записываем в него (i, max (j_1, j_2)). Переходим к шагу 1.

Сравниваем элемент (i, max (j_1, j_2)) с элементом temp. Если ⟦temp⟧_2 > j, то выгружаем temp в результирующую базу.

Заменяем temp на (i, max (j_1, j_2)). Переходим к шагу 1.

Алгоритм 2. Алгоритм быстрого нахождения пересечения баз гиперграфов.

Входные данные: 2 базы вида (m_1, x_1), … (k_1, y_1) и (m_2, x_2), … (k_2, y_2) ,

Где m_1< x_1< k_1<y_1, m_2< x_2< k_2< y_2.

n - max (y_1, y_2)

Локальные переменные: i <= min (k_1, k_2), j < = n, временный объект temp=(⟦temp⟧_1, ⟦temp⟧_2).

Выходные данные: результирующая база.

Шаг 0. i = 0.

Шаг 1. i ++. если i > min (k_1, k_2), то выгружаем temp в результирующую базу и заканчиваем алгоритм.

Шаг 2. Поищем элемент (i, …) в первой и второй базе. Троеточие означает, что нам не важно второе число пары, мы ищем только соответствие первых чисел. Если находим оба элемента, то переходим к шагу 5. Если только один – шаг 4.

Шаг 3. Если в обеих базах нет элемента (i, …), переходим к шагу 1.

Шаг 4. Если элемент temp ещё не задан, то записываем в него (i, min (j, n)). Переходим к шагу 1.

Сравниваем нынешний элемент (i, j) с элементом temp. Если ⟦temp⟧_2 > j, то выгружаем temp в результирующую базу.

Заменяем temp на (i, min (j, n)). Переходим к шагу 1.

Шаг 5. Если элемент temp ещё не задан, то записываем в него (i, min (j_1, j_2)). Переходим к шагу 1.

Сравниваем элемент (i, min (j_1, j_2)) с элементом temp. Если ⟦temp⟧_2 > j, то выгружаем temp в результирующую базу.

Заменяем temp на (i, min (j_1, j_2)). Переходим к шагу 1.

Литература:

1. Берецкий И. С., Ирбитский И. С., Егорова Е. К., Мокряков А. В., Алгебра k-однородных экстремальных гиперграфов - “19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 23-27 ноября 2020 года. Москва. Тезисы.”, с. 449-450.

Fast algorithm for finding bases for union and intersection operations

Beretskiy I.S., Mokryakov A.V., Egorova E.K.
MAI, Moscow, Russia

The set of pairs (p, q),… (x, y) is called the base of an extremal 2-uniform hypergraph G if the following conditions are satisfied:

All base pairs belong to G.

A partial order relation cannot be established within a base.

For any edge (i, j) of the hypergraph G, there is a base pair (x, y) such that i≤x and j≤y.

If for an edge (i, j) i≤x and j≤y, where (x, y) is a base, then this edge belongs to the hypergraph G.

Algorithm 1. Algorithm for quickly finding the union of the bases of hypergraphs.

Input data: 2 bases of the form (m_1, x_1),… (k_1, y_1) and (m_2, x_2),… (k_2, y_2),

Where m_1 <x_1 <k_1 <y_1, m_2 <x_2 <k_2 <y_2.

n - max (y_1, y_2)

Local variables: i <= max (k_1, k_2), j <= n, temp = (⟦temp⟧ _1, ⟦temp⟧ _2).

Output data: resulting base.

Step 0.i = 0.

Step 1.i ++. if i> max (k_1, k_2), then we upload temp to the resulting base and end the algorithm.

Step 2. Let's look for an element (i,…) in the first and second bases. The ellipsis means that the second number of the pair is not important to us, we are looking only for the correspondence of the first numbers. If we find both elements, then go to step 5. If only one - step 4.

Step 3. If there is no element (i, ...) in both bases, go to step 1.

Step 4. If the element temp has not yet been set, then write (i, max (j, n)) to it. Go to step 1.

Compare the current element (i, j) with the temp element. If ⟦temp⟧ _2> j, then we upload temp to the resulting database.

Replace temp with (i, max (j, n)). Go to step 1.

Step 5. If the temp element has not yet been set, then write (i, max (j_1, j_2)) to it. Go to step 1.

Compare element (i, max (j_1, j_2)) with element temp. If 〖temp〗_2> j, then we upload temp to the resulting database.

Replace temp with (i, max (j_1, j_2)). Go to step 1.

Algorithm 2. Algorithm for fast finding the intersection of the bases of hypergraphs.

Input data: 2 bases of the form (m_1, x_1),… (k_1, y_1) and (m_2, x_2),… (k_2, y_2),

Where m_1 <x_1 <k_1 <y_1, m_2 <x_2 <k_2 <y_2.

n - max (y_1, y_2)

Local variables: i <= min (k_1, k_2), j <= n, temp = (〖temp〗_1, 〖temp〗_2).

Output data: resulting base.

Step 0.i = 0.

Step 1.i ++. if i> min (k_1, k_2), then we upload temp to the resulting base and end the algorithm.

Step 2. Let's look for an element (i,…) in the first and second bases. The ellipsis means that the second number of the pair is not important to us, we are looking only for the correspondence of the first numbers. If we find both elements, then go to step 5. If only one - step 4.

Step 3. If there is no element (i, ...) in both bases, go to step 1.

Step 4. If the temp element has not yet been set, then write (i, min (j, n)) to it. Go to step 1.

Compare the current element (i, j) with the temp element. If 〖temp〗_2> j, then we upload temp to the resulting database.

Replace temp with (i, min (j, n)). Go to step 1.

Step 5. If the temp element has not yet been set, then write (i, min (j_1, j_2)) to it. Go to step 1.

Compare element (i, min (j_1, j_2)) with element temp. If 〖temp〗_2> j, then we upload temp to the resulting database.

Replace temp with (i, min (j_1, j_2)). Go to step 1.

References:

1. Beretskiy IS, Irbitskiy IS, Egorova EK, Mokryakov AV, Algebra of k-uniform extreme hypergraphs – “19th International Conference “Aviation and Cosmonautics”. November 23-27, 2020. Moscow. Abstracts. ”, P. 449-450.

Моделирование и оптимизация процессов формообразования обтяжкой и раздачей тонкостенных конструкций

[1]Бормотин К.С., [2]Кривенок А.А., [1]Потянихин Д.А., [2]Белых М.А.

[1]КнАГУ, [2]КнААЗ, г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

В авиастроительной промышленности при изготовлении деталей преимущественно используется обработка материалов давлением в режиме пластического деформирования. Это детали типа обшивок, элементов шпангоутов, трубопроводы различного назначения и т.д. Процессы формообразования обшивок включают операции изгиба и растяжения, которые выполняются на обтяжных прессах с числовым программным управлением [1,2]. Формообразование труб осуществляется путем раздачи части трубчатой заготовки рабочим телом в штампе [3,4]. Таким способом изготавливаются соединительные детали для трубопроводов различного назначения, применяемые при изгибах, отводах, изменении диаметра трубы.

На точность изготовления деталей данными способами большое влияние оказывают такие технологические условия процесса формования, как геометрия пуансона или штампа, силовое или кинематическое воздействие управляющих органов. Геометрия поверхности штампа должна учитывать пружинение материала после освобождения заготовки. Таким образом, для расчета упреждающей формы заготовки определяется обратная задача формообразования и разрабатывается метод решения [5]. На практике, для минимизации отклонений заготовки от заданной геометрии, в процессе обтяжки применяют калибрующее растяжение. В этом случае формулируется задача оптимизации траектории деформирования.

Обеспечение высокой точности изготовления деталей требует при создании штампов и управляющих программ, учитывать напряжённо-деформированное состояние материала заготовки при её деформировании согласно схеме нагружения.

В данной работе расчет оснастки, обеспечивающей необходимую упреждающую форму детали, выполнен итерационным методом решения обратных задач, а расчет оптимальной траектории деформирования – методом динамического программирования [6]. Разработанные численные методы, реализованные в системе Marc, позволяют оптимизировать параметры технологического процесса на стадии подготовки производства. Численные результаты сравниваются с данными натурных экспериментов процессов раздачи трубчатой заготовки и обтяжки листа на прессе Т-600.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 21-11-00165).

Литература:

1. Михеев В.А., Клочков Ю.С., Кузина А.А., Гречникова А.Ф., Савин Д.В. Выбор кинематической схемы формообразования обтяжкой обводообразующих оболочек сложной пространственной формы // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 5 (36). С.239-245.

2. Погарцева М.М. Методика создания управляющих программ для обтяжных прессов, применяемых в авиационной промышленности // Сибирский журнал науки и технологий. 2017. Том 18. №2. С.404-414.

3. Непершин Р.И. Раздача тонкостенной трубы пуансоном с криволинейным профилем // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2010. №1. С. 80-88.

4. Сосенушкин Е.Н., Яновская Е.А., Хачатрян Д.В., Смолович И.Е., Киндеров В.Ю. Моделирование операции раздачи трубных заготовок // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. №3. С.618-631.

5. Бормотин К.С. Метод решения обратных задач неупругого деформирования тонкостенных панелей // Вычислительные методы и программирование. 2017. Т.18. С.359-370.

6. Бормотин К.С., Вин Аунг. Численный метод оптимизации процесса формообразования панелей обтяжкой // Вычислительные методы и программирование. 2019. Т. 20. С.386-395.

Modeling and optimization of shaping processes by stretch-bending and expansion thin-walled structures

[1]Bormotin K.S., [2]Krivenok A.A., [1]Potyanikhin D.A., [2]Belykh M.A.

[1]KnASTU, [2]KnAAZ, Komsomolsk-on-Amur, Russia

In the aircraft industry, in the manufacture of parts, the processing of materials by pressure in the mode of plastic deformation is mainly used. These are parts such as sheathing, frame elements, pipelines for various purposes, etc. The sheathing shaping processes include bending and stretching operations that are performed on numerically controlled stretch presses [1,2]. Shaping of pipes is carried out by expansion a part of tubular blanks by a working medium in the die [3,4]. In this way, fittings are made for pipelines for various purposes, used when bending, changing the diameter of the pipe.

The accuracy of manufacturing parts by these methods is greatly influenced by such technological conditions of the shaping process as the geometry of the punch or stamp, the force or kinematic action of the control bodies. The geometry of the die surface must take into account the springback of the material after the workpiece has been released. Thus, to calculate the anticipatory shape of the workpiece, the inverse problem of shaping is determined and a solution method is developed [5]. In practice, to minimize deviations of the workpiece from the specified geometry, a gauge stretch is used during the stretch-forming process. In this case, the problem of optimizing the deformation trajectory is formulated.

Ensuring high precision in the manufacture of parts requires, when creating dies and control programs, to take into account the stress-strain state of the workpiece material during its deformation according to the loading scheme.

In this work, the calculation of the tooling, which provides the necessary anticipatory shape of the part, is performed by the iterative method for solving inverse problems, and the calculation of the optimal deformation trajectory is performed by the method of dynamic programming [6]. The developed numerical methods implemented in the Marc system make it possible to optimize the

parameters of the technological process at the stage of production preparation. The numerical results are compared with the data of field experiments of the processes of distributing a tubular billet and stretching a sheet on a T-600 press.

This work was supported by the Russian Science Foundation (grant № 21-11-00165).

References:

1. Mikheev V.A., Klochkov Yu.S., Kuzina A.A., Grechnikova A.F., Savin D.V. the choice of the kinematic scheme of shaping by stretch forming of bypass-forming covers of the difficult spatial form // Bulletin of the Samara State Aerospace University. 2012. N. 5 (36). P.239-245.

2. Pogartseva M.M. Methods for creating control programs for tying presses used in the aviation industry // Siberian Journal of Science and Technology. 2017. V. 18. N.2. P.404-414.

3. Nepershin R.I. Distribution of a thin-walled pipe by a punch with a curved profile // Problems of mechanical engineering and reliability of machines. 2010. N. 1. P. 80-88.

4. Sosenushkin E.N., Yanovskaya E.A., Khachatryan D.V., Smolovich I.E., Kinderov V.Yu. Modeling the operation of distributing pipe billets // Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2013. N. 3. P.618-631.

5. Bormotin K.S. Method for solving inverse problems of inelastic deformation of thin-walled panels // Computational methods and programming. 2017. V.18. P.359-370.

6. Bormotin KS, Vin Aung. A numerical method of optimizing the stretch forming process for the production of panels // Computational methods and programming. 2019.V. 20. P.386-395.

Оптимальные траектории гибридной модели плоского движения летательного аппарата

Бортаковский А.С., Евдокимова Е.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Для планирования плоского движения летательного аппарата предлагается использовать гибридную модель Маркова-Дубинса [1]. В отличие от классической модели Маркова-Дубинса, траекторией оптимального поворота которой является окружность, в предлагаемой модели оптимальной траекторией является клотоида (спираль Эйлера). Преимущество модели заключается в том, что кривизна траектории не имеет разрывов, она меняется линейно с течением времени. Иначе говоря, объект управления не испытывает ударных воздействий. Траектория состоит из поворотов и прямолинейных участков. Прямолинейное движение происходит с постоянной скоростью, как в классической модели. В гибридной модели переключением считается переход с одного типа траектории на другой.

Рассматривается задача оптимального по быстродействию перехода из заданного начального состояния в заданное терминальное положение. С помощью принципа максимума [2] показано, что оптимальные повороты выполняются с максимальным по модулю угловым ускорением. На основе этого обстоятельства разработан алгоритм нахождения попадающих траекторий. В алгоритме используется минимизация по моментам переключений.

Программная реализация алгоритма позволяет находить попадающие траектории для удаленных целей. Приводятся попадающие траектории, показывающие эффективность работы алгоритма.

1. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length with a Constraint on Average Curvature, and with Prescribed Initial and Terminal Positions and Tangents // American Journal Mathematics, 1957, vol. 79, no. 3, pp. 497 – 516. URL:http://dx.doi.org/10.2307/2372560

2. Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко, Математическая теория оптимальных процессов, Физматгиз, М. (1961).

Optimal paths of the hybrid plane motion model of the aircraft

Bortakovsky A.S., Evdokimova E.A.
MAI, Moscow, Russia

To plan the plane motion of the aircraft, it is proposed to use the hybrid Markov-Dubins model [1]. In contrast to the classical Markov-Dubins model, the path of the optimal rotation of which is a circle, in the proposed model the optimal path is the clothoid (Euler's spiral). The advantage of the model is

that the curvature of the path does not have discontinuities; it changes linearly over time. In other words, the control object does not experience shock effects. The path consists of turns and straight sections. Rectilinear motion occurs at a constant speed, as in the classical model. In the hybrid model, switching is considered to be a transition from one type of path to another.

We consider the problem of the optimal in terms of speed of transition from a given initial state to a given terminal position. Using the maximum principle [2], it is shown that optimal turns are performed with the maximum angular acceleration in absolute value. On the basis of this circumstance, an algorithm for finding the falling paths has been developed. The algorithm uses minimization in terms of switching times.

The software implementation of the algorithm makes it possible to find falling paths for remote targets. Falling paths showing the efficiency of the algorithm are given.

1. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length with a Constraint on Average Curvature, and with Prescribed Initial and Terminal Positions and Tangents // American Journal Mathematics, 1957, vol. 79, no. 3, pp. 497 - 516. URL: http: //dx.doi.org/10.2307/2372560

2. L.S. Pontryagin, V.G. Boltyansky, R.V. Gamkrelidze, and E.F. Mishchenko, Mathematical Theory of Optimal Processes, Fizmatgiz, Moscow (1961).

Нелинейный анализ устойчивости центральной конфигурации в плоской круговой задаче четырех тел

Волков Е.В., Бардин Б.С.

МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается плоская круговая ограниченная задача четырёх тел. Тело малой массы движется в гравитационном поле трёх притягивающих тел, которые взаимодействуя по закону всемирного тяготения, движутся по круговым орбитам, образуя равносторонний треугольник (лагранжеву конфигурацию). Предполагается, что лагранжева конфигурация устойчива. В данной постановке задачи существуют такие движения тела малой массы, при которых оно образует с притягивающими телами конфигурацию неизменной формы и размеров, так называемую центральную конфигурацию. Исследованию устойчивости центральных конфигураций посвящены работы [1, 2, 3], где были получены выводы об устойчивости в линейном приближении, а также исследована устойчивость по Ляпунову при равных массах двух притягивающих тел.

В данной работе на основе метода нормальных форм и теории КАМ исследована устойчивость центральных конфигураций по Ляпунову при произвольных значениях масс тел. С этой целью гамильтониан задачи был приведен в окрестности центральных конфигураций к нормальной форме до членов четвертого порядка включительно. Установлено, что устойчивые в линейном приближении центральные конфигурации для большинства значений параметров задачи будут также устойчивыми по Ляпунову. Неустойчивость имеет место при резонансе третьего порядка, а также при определённых значениях параметров, отвечающих резонансу второго и четвёртого порядка. Результаты были представлены в виде диаграмм устойчивости, где, в частности, были указаны участки резонансных кривых отвечающие устойчивости и неустойчивости центральных конфигураций и построена кривая вырождения, на которой вопрос об устойчивости решается на основании членов выше четвёртого порядка.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) за счет гранта Российского научного фонда (проект №19-11-00116).

Литература:

1. Bardin B.S., Volkov E.V., On bifurcations and stability of central configurations in the planar circular restricted four-body problem. J. Phys.: Conference Series 1959, 2021.

2. Bardin B.S., Esipov P.A., Investigation of Lyapunov stability of a central configuration in the restricted four-body problem. AIP Conference Proceedings, 2018.

3. Bardin B.S., Volkov E.V., Stability Study of a Relative Equilibrium in the Planar Circular Restricted Four-Body Problem. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 927, 2020.

Nonlinear Stability Analysis of a Central Configuration in a Planar Circular Four-Body Problem

Volkov E.V., Bardin B.S.
MAI, Moscow, Russia

A planar circular restricted four-body problem is considered. A body of small mass moves in the gravitational field of three attracting bodies, which interact according to the law of universal gravitation, move in circular orbits, forming an equilateral triangle (Lagrangian configuration). It is assumed that the Lagrangian configuration is stable. In this formulation of the problem, there are such movements of a body of small mass, in which it forms a configuration of unchanged shape and size with attracting bodies, the so-called central configuration. The studies of the stability of central configurations are devoted to the works [1, 2, 3], where conclusions about stability in the linear approximation were obtained, and Lyapunov stability was also investigated for equal masses of two attracting bodies.

In this paper, on the basis of the method of normal forms and the KAM theory, the Lyapunov stability of central configurations for arbitrary values of body masses is investigated. For this purpose, the Hamiltonian of the problem was reduced to normal form in the vicinity of the central configurations up to and including fourth-order terms. It is established that the central configurations stable in the linear approximation for most values of the problem parameters will also be Lyapunov stable. Instability occurs at third-order resonance, as well as at certain values of parameters corresponding to second- and fourth-order resonance. The results were presented in the form of stability diagrams, where sections of the resonance curves corresponding to the stability and instability of the central configurations were indicated and a degeneracy curve was constructed, on which the question of stability is solved on the basis of terms above the fourth order.

This work was supported by the grant of the Russian Scientific Foundation (project No. 19-11-00116) at the Moscow Aviation Institute (National Research University).

References:

1. Bardin B.S., Volkov E.V., On bifurcations and stability of central configurations in the planar circular restricted four-body problem. J. Phys.: Conference Series 1959, 2021.

2. Bardin B.S., Esipov P.A., Investigation of Lyapunov stability of a central configuration in the restricted four-body problem. AIP Conference Proceedings, 2018.

3. Bardin B.S., Volkov E.V., Stability Study of a Relative Equilibrium in the Planar Circular Restricted Four-Body Problem. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 927, 2020.

Использование численных методов в целях моделирования климатических условий атмосферного облака, содержащего ледяные кристаллы, на наземном открытом стенде

Горячев А.В., Горячев П.А., Горячев Д.А.
ЦИАМ, г. Москва, Россия

При создании, доводке и сертификации новых образцов авиационных двигателей возникает задача выполнения их испытаний в условиях имитации атмосферного облака, содержащего ледяные кристаллы. Поскольку в настоящее время отсутствуют стенды, пригодные для испытания полноразмерных двигателей большой тяги в условиях ледяных кристаллов, поставлена задача разработки методов, позволяющих моделировать на стенде такие условия, воздействие которых на двигатель эквивалентно воздействию атмосферного облака в соответствии с Приложением D к FAR-33, АП-33. Разработаны методические подходы к созданию систем имитации указанных атмосферных условий с использованием, по возможности, имеющегося оборудования и стендовых систем.

Предложено использовать стендовое оборудование для забрасывания шквального града на вход в двигатель в целях моделирования воздействия на двигатель условий ледяных кристаллов.

Для обоснования корректности данного подхода к моделированию используется расчётная методика, включающая следующие модели:

• Модель стендового оборудования, предназначенного для заброса шквального града.

• Модель расчёта параметров двухфазного потока на входе в двигатель, учитывающая распределение концентрации частиц града между контурами двигателя.

• Модель формирования льда в проточной части двигателя.

Выработаны рекомендации к выбору характеристик стендового оборудования и определены критерии корректности выбора характеристик градового облака при моделировании полётных условий ледяных кристаллов на наземном открытом стенде. Выработаны критерии эквивалентности полётного и стендового режимов:

• Определение потребного расхода града на входе в двигатель в стендовых условиях для получения необходимой концентрации ледяных кристаллов (частиц града) в сечении входа во входной направляющий аппарат (ВНА) компрессора высокого давления (КВД).

• Определение скорости града на входе в двигатель для моделирования требуемой концентрации ледяных кристаллов (частиц града) в сечении ВНА КВД.

• Определение оптимальной эпюры концентрации града на входе в двигатель с целью обеспечения требуемой концентрации ледяных кристаллов (частиц града) в сечении входа в ВНА компрессора низкого давления (КНД).

• Подобие локализации областей нарастания льда по тракту КНД двигателя как в условиях стенда, так и в полётных условиях.

Расчёты, выполненные с применением разработанной методики, демонстрируют удовлетворительное соответствие результатов нарастания льда на элементах двигателя при полёте в атмосферном облаке ледяных кристаллов и при выполнении испытаний по забросу в двигатель шквального града на наземном стенде.

The use of numerical methods to simulate the climatic conditions of an atmospheric cloud containing ice crystals on an open ground stand

Goriachev A.V., Goriachev P.A., Goriachev D.A.
CIAM, Moscow, Russia

When creating, tuning and certifying new samples of aircraft engines, performing tests in conditions of an atmospheric cloud containing ice crystals is being set as an important task. Since at present there are no stands suitable for testing full-size high-thrust engines in ice crystals conditions, the task was to develop methods that allow simulating conditions on the test stand, the effect of which on the engine is equivalent to the effect of an atmospheric cloud in accordance with Appendix D to FAR-33, AP-33. Methodological approaches have been developed to create systems for simulating the specified atmospheric conditions using, if possible, existing equipment and stand systems.

It is proposed to use stand equipment for throwing hail storm at the engine inlet in order to simulate the impact of ice crystals on the engine.

To substantiate the correctness of this modeling approach, a computational technique is used, including the following models:

• Model of stand equipment designed for throwing hail storm particles.

• Model for calculating the parameters of a two-phase flow at the engine inlet, taking into account the distribution of the concentration of hail particles at different engine circuits.

• Model of ice formation inside the engine flow path.

Recommendations for the selection of the stand equipment characteristics have been developed and the criteria for the correctness of the selection of the characteristics of the hail cloud in the simulation of the flight conditions of ice crystals on an open ground stand have been determined. Criteria for the equivalence of flight and stand modes have been developed:

• Definition of the required hail consumption at the engine inlet in stand conditions to obtain the required concentration of ice crystals (hail particles) in the section of the inlet guide vane (IGV) of high-pressure compressor (HPC).

• Definition of the hail velocity at the engine inlet to simulate the required concentration of ice crystals (hail particles) in the section of the inlet guide vane of HPC.

• Definition of the optimal hail concentration diagram at the engine inlet in order to ensure the required concentration of ice crystals (hail particles) in the section of the inlet guide vane of low-pressure compressor (LPC).

• Similar localization areas of ice growth along the LPC engine path both in the stand conditions and in flight conditions.

Calculations performed using the developed technique demonstrate satisfactory agreement between the results of ice accretion on the engine elements when flying in ice crystals atmospheric cloud and when performing tests with hail storm throwing into the engine on a ground stand.

Использование численных методов в процессе моделирования на наземном открытом стенде процесса обледенения двигателей большой тяги при полётах в климатических условиях ледяных кристаллов

Горячев Д.А., Горячев А.В., Горячев П.А.
ЦИАМ, г. Москва, Россия

Условия обледенения, характеризующиеся наличием в атмосферном облаке ледяных кристаллов и смеси фаз, является новым и мало изученным видом климатического воздействия, которое негативным образом влияет на работу двигателя.

Безопасность эксплуатации авиационных двигателей в сложных климатических условиях должна быть подтверждена в соответствии с требованиями нормативных документов: Российских (АП-33) и зарубежных (FAR-33, CS-E). В данной работе предлагается подтверждение эффективности защиты двигателя от воздействия ледяных кристаллов осуществлять путём сочетания аналитических, расчётных методов с выполнением модельных испытаний двигателя на наземном открытом стенде. Выполнение подобных модельных исследований двигателя до настоящего времени не производились, в связи с отсутствием способов моделирования полётных условий атмосферного облака ледяных кристаллов на наземном открытом стенде.

В данной работе предложен методический подход к моделированию воздействия на двигатель атмосферных условий ледяных кристаллов путём выполнения испытаний двигателя на наземном стенде, с использованием оборудования для моделирования условий шквального града и в диапазоне температур наружного воздуха, реально достижимых в условиях наземного открытого стенда.

Основой для моделирования является расчётная модель с помощь которой осуществляется определение требуемого сочетания режимов работы двигателя, атмосферных условий открытого стенда и параметров забрасываемого шквального града (концентрации и скорости градин), позволяющее реализовать в проточной части компрессора условия формирования льда, соответствующие условиям, реализующимся в высотных условиях полёта сквозь атмосферное облако ледяных кристаллов.

Определение требуемых параметров стендового режима при забросе шквального града, аналогичного полётному режиму в условиях атмосферного облака ледяных кристаллов, выполняется на основании следующих критериев:

• Реализуемость по диапазону атмосферных температур в зимний период (не ниже минус 20°C).

• Аналогичное распределение термодинамических параметров вдоль газовоздушного тракта (ГВТ) компрессора.

• Аналогичная локализация ледяных наростов на элементах проточной части компрессора.

• Аналогичное процентное распределение количества льда между различными элементами проточной части компрессора.

• Близкие скорости роста льда на критических элементах проточной части компрессора.

В процессе выполнения данной работы выработаны рекомендации по формированию матрицы испытаний двигателя на стенде и определены критерии успешности испытаний.

The use of numerical methods in the process of modeling on an open ground stand the process of icing of high-thrust engines during flights in climatic conditions of ice crystals

Goriachev D.A., Goriachev A.V., Goriachev P.A.
CIAM, Moscow, Russia

Icing conditions, characterized by the presence of ice crystals and a mixture of phases in the atmospheric cloud, is a new and poorly studied type of climatic impact that negatively affects the operation of the engine.

The safety of aircraft engines operation in difficult climatic conditions must be confirmed in accordance with the requirements of regulatory documents: Russian (AR-33) and foreign (FAR-33, CS-E). In this paper, it is proposed to confirm the effectiveness of protecting the engine from the effects of ice crystals by combining analytical, computational methods with the implementation of model tests of the engine on an open ground stand. Until now, such model tests of the engine have not been carried out, due to the lack of methods for simulating the flight conditions of an atmospheric cloud of ice crystals on an open ground stand.

In this paper, we propose a methodological approach for modeling the effect of atmospheric conditions of ice crystals on the engine by performing engine tests on a ground stand, using equipment for simulating the conditions of hail storm and in the range of outside air temperatures that are actually achievable in the conditions of an open ground stand.

The basis for modeling is a calculation model with the help of which the required combination of engine operating modes, atmospheric conditions of the open ground stand and the parameters of the hailstorm thrown inside (concentration and speed of hailstones) is determined. Numerical model makes it possible to reproduce ice formation conditions in the compressor flow path corresponding to the conditions that exist in high-altitude conditions inside an atmospheric cloud containing ice crystals.

Definition of the required parameters for the stand mode by hailstorm modelling, similar to the flight mode in ice crystals cloud, is carried out on the basis of the following criteria:

- Feasibility for the range of atmospheric temperatures in winter (not lower than minus 20°C).
- Similar distribution of thermodynamic parameters along the gas-air duct of the compressor.
- Similar localization of ice accretions on the elements of the compressor flow path.
- Similar percentage distribution of the amount of ice between various elements of the compressor flow path.
- Similar ice growth rates on the critical elements of the compressor flow path.

In the process of performing this work, recommendations on the test matrix formation for the engine at the stand were developed and criteria for the test successfulness were determined.

Использование численного моделирования в целях обеспечения эффективной защиты авиационных двигателей большой тяги при выполнении полётов в климатических условиях ледяных кристаллов

Горячев П.А., Горячев А.В., Горячев Д.А.
ЦИАМ, г. Москва, Россия

Обеспечение безопасности эксплуатации авиационной техники в условиях обледенения, характеризующихся наличием в атмосфере ледяных кристаллов является важнейшей задачей. Требования к эффективности защиты от воздействия подобных условий содержатся как в Российских (АП-33), так и в зарубежных (FAR-33, CS-E) нормативных документах. Попадание летательного аппарата в подобные условия приводит к появлению ледяных наростов на компрессоре двигателя и сопровождается потерей тяги, помпажом, срывом пламени в камере сгорания, заглоханием двигателя, повреждением лопаток компрессора.

Для обеспечения эффективной защиты авиационных двигателей большой тяги при выполнении полётов в климатических условиях ледяных кристаллов требуется разработка аналитических методов исследования процесса нарастания льда в указанных условиях, а также, методов валидации расчётных моделей, включая лётные, модельные испытания и испытания полноразмерного двигателя.

В данной работе предложены расчётные модели, позволяющие определить массогабаритные характеристики и локализацию ледяных наростов вдоль проточной части двигателя при полётах в условиях ледяных кристаллов.

Аналитические подходы к исследованию процесса нарастания льда сочетают использование программного комплекса Ansys Fensap-Ice-Turbo, дополненного моделями, отражающими специфику физического процесса формирования льда на элементах компрессора двигателя в условиях ледяных кристаллов. Предложенные модели учитывают особенности льдообразования в условиях положительных температур воздуха в проточной части двигателя и на элементах компрессора, имеющих положительную температуру. Предложены способы валидации разработанных расчётных моделей на основании результатов модельных испытаний.

На основании разработанных методических подходов выработаны рекомендации по подтверждению эффективности защиты двигателя от воздействия атмосферных условий ледяных кристаллов в соответствии с требованиями нормативных документов, включающие сочетание расчётных и экспериментальных методов.

Выработаны рекомендации по принципам построения противообледенительной системы двигателя, предусматривающие изменения алгоритмов работы системы автоматического управления двигателем. Рекомендации включают требования к цикличности работы противообледенительной системы, и предусматривают различные алгоритмы работы системы автоматического управления при работе двигателя на повышенных и пониженных режимах. Предложен алгоритм получения сигнала системой автоматического управления о вхождении летательного аппарата в атмосферную зону, содержащую ледяные кристаллы.

The use of numerical modeling in order to ensure effective protection of high-thrust aircraft engines when flying in the climatic conditions of ice crystals

Goriachev P.A., Goriachev A.V., Goriachev D.A.
CIAM, Moscow, Russia

Ensuring the safety of aircraft operation in icing conditions caused by presence of ice crystals in atmospheric clouds is an extremely important task. Requirements for the protection effectiveness against the effects of such conditions are contained in both Russian (AP-33) and foreign (FAR-33, CS-E) regulatory documents. For aircraft entering such conditions it leads to the appearance of ice accretion inside the engine compressor and may cause loss of thrust, surge, flameout in the combustion chamber, engine stall, and damage to the compressor blades.

To ensure effective protection of high-thrust aircraft engines when flying in climatic conditions of ice crystals, it is necessary to develop analytical methods for studying the process of ice growth under these conditions, as well as methods for numerical models validation, including flight tests, model tests and tests of a full-size engine.

In this paper, computational models are proposed which allow to determine the mass and size characteristics as well as the localization of ice accretions along the engine flow path during flights in ice crystals conditions.

Analytical approaches to the study of the ice accretion process combine the use of the Ansys Fensap-Ice-Turbo software package, supplemented by models accounting the specifics of the physical process of ice formation on engine compressor elements in ice crystals conditions. The proposed models take into account the features of ice formation at positive air temperatures in the engine flow path and on compressor elements with positive surface temperature. Validation methods for the developed numerical models based on the results of model tests are proposed.

On the basis of the developed methodological approaches, recommendations were worked out for confirming the effectiveness of engine protection against the effects of atmospheric conditions of ice crystals in accordance with the requirements of regulatory documents, including a combination of calculation and experimental methods.

Recommendations have been developed on the principles of constructing an anti-icing system of the engine, including changes in the algorithms for the operation of the automatic engine control unit. The recommendations include requirements for the cyclic operation of the anti-icing system, and

provide various algorithms for the automatic control system operation when engine running at high and low modes. An algorithm for receiving a signal by the automatic control system about the aircraft entering the atmospheric zone containing ice crystals is proposed.

Исследования периодических движений двойного маятника с вибрирующей точкой подвеса

Грибцова А.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе исследуется динамика двойного маятника с точкой подвеса, совершающей высокочастотные гармонические вибрации малой амплитуды вдоль прямой, составляющей углы 30, 45 и 60 градусов к горизонту. Двойной маятник состоит из двух одинаковых однородных стержней, шарнирно соединённых друг с другом. Исследование проводится в рамках приближенной автономной системы, полученной с помощью метода Депри-Хори [1]. В полученной системе помимо потенциала силы тяжести учитывается дополнительно вибрационный потенциал, описывающий влияние вибраций на движения маятника. Вычисляются положения равновесия приближенной системы, отвечающие положениям относительного равновесия двойного маятника, исследуется их устойчивость.

С этой целью выписывается система тригонометрических уравнений для равновесных значений углов отклонения стержней маятника от вертикали, являющихся стационарными точками приведенного потенциала. Устойчивость положений равновесия определяется на основании условия минимума этой функции. В плоскости угловых переменных построено геометрическое место равновесных точек при разных значениях безразмерной частоты вибрации, меняющейся в пределах от нуля до бесконечности. При этом был использован программный пакет Maple.

Обнаружено, что для разных углов наклона оси вибрации одинаково число положений равновесий. Оно меняется от шестнадцати при бесконечной размерной частоте вибрации до четырех для нулевой размерной частоты. Характер устойчивости этих положений равновесий для рассмотренных углов наклона оси вибрации также совпадает.

Методом Пуанкаре доказано существование и построены главные части высокочастотных периодических движений двойного маятника в полной неавтономной системе, рождающихся из положений равновесия приближенной системы. Сделаны выводы об их устойчивости в линейном приближении.

Литература:

1. Вишенкова Е.А, Холостова О.В. К динамике двойного маятника с горизонтально вибрирующей точкой подвеса // Вестн. Удмуртск. ун-та. Матем. Мех. Компьют. науки, 2012, № 2, с. 114–129.

2. Холостова О.В. О движениях двойного маятника с вибрирующей точкой подвеса // Изв. РАН. МТТ. 2009. № 2. С. 25–40.

Investigations of periodic movements of a double pendulum with a vibrating suspension point

Gribtsova A.D.
MAI, Moscow, Russia

We study the dynamics of a double pendulum with a suspension point that performs high-frequency harmonic vibrations of small amplitude along a straight line that makes up the angles of 30, 45 and 60 degrees to the horizon. A double pendulum consists of two identical homogeneous bar pivotally connected to each other. The study is carried out within an approximate autonomous system obtained using the Depri-Hori method [1]. In addition to the gravity potential, the resulting system also takes into account the vibration potential, which describes the effect of vibrations on the pendulum's movements. The equilibrium positions of the approximate system corresponding to the relative equilibrium positions of the double pendulum are calculated, and their stability is investigated.

For this purpose, a system of trigonometric equations is written out for the equilibrium values of the angles of deviation of the pendulum rods from the vertical, which are stationary points of the reduced potential. The stability of equilibrium positions is determined on the basis of the minimum

condition of this function. In the plane of angular variables, we construct the geometric position of equilibrium points for different values of the dimensionless vibration frequency, which varies from zero to infinity. In this case, we used the Maple software package.

It is found that the number of equilibrium positions is the same for different angles of inclination of the vibration axis. It varies from sixteen for an infinite dimensional vibration frequency to four for a zero-dimensional frequency. The stability of these equilibrium positions also coincides for the considered angles of inclination of the vibration axis.

The existence of high-frequency periodic motions of a double pendulum in a complete non-autonomous system arising from the equilibrium positions of the approximate system is proved by the Poincare method and the main parts are constructed. Conclusions are drawn about their stability in the linear approximation.

References:

1. Vishenkova E. A., Kholostova O. V. To the dynamics of a double pendulum with a horizontally vibrating suspension point // Vestn. Udmurd. un-ta. Matem. Mech. Comp. sciene, 2012, no. 2, pp. 114-129.

2. Kholostova O. V. On the motions of a double pendulum with a vibrating suspension point. Izv. RAN. MTT. 2009, no 2, pp. 25-40.

Метод расчета упругих колебаний циклически симметричной конструкции

Гусева Е.Е., Гришанина Т.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время для расчета на прочность сложных составных конструкций используют программные комплексы, реализующие метод конечных элементов. Если конструкция имеет регулярную или циклически симметричную структуру, то можно использовать редуцированные схемы расчетов, которые позволят уменьшить размерность решаемых задач. Примером таких конструкций являются фермы и космические антенны, которые развертываются непосредственно в космосе.

В работе представлен метод составления уравнений колебаний упругих конструкций, который учитывает регулярность и центральную симметрию конструкции. При составлении уравнений колебаний конструкции, состоящей из N одинаковых секций, симметрично расположенных относительно её центра, в качестве основных обобщенных координат рассматривались перемещения и углы поворотов узлов одной из секций. Перемещения и углы поворота в узлах остальных секций выражались через обобщенные координаты этой секции, используя ортогональность синусов и косинусов на дискретном множестве N равностоящих точек. В результате уравнения колебаний конструкции распались на $n < N/2$ систем дифференциальных уравнений, причем порядок каждой из систем равен числу обобщенных координат одной секции.

В качестве примера проведен расчет циклически симметричной антенны. В раскрытом состоянии конструкция антенны состоит из шестиугольной рамы, стержневые элементы которой работают на растяжение-сжатие, изгиб-сдвиг и кручение, центральной абсолютно жесткой стойки, расположенной перпендикулярно плоскости рамы и растяжек, связывающих узлы рамы с крайними точками стойки. Пленочные элементы, расположенные в плоскости рамы, при составлении уравнений колебаний учитывались только в кинетической энергии системы. Был проведен сравнительный анализ полученных с использованием данного метода собственных частот и форм колебаний и результатов расчета по методу конечных элементов.

Method of calculation of elastic vibrations of cyclically symmetrical structure

Guseva E.E., Grishanina T.V.

MAI, Moscow, Russia

Currently, software complexes implementing the finite element method are used for strength calculation of complex composite structures. If the design has a regular or cyclically symmetric structure, you can use reduced calculation schemes that decrease the dimension of the problems to

be solved. An example of such structures are trusses and space antennas, which are deployed directly in space.

The paper presents a method of compiling the oscillation equations of elastic structures, which takes into account the regularity and central symmetry of the design. When compiling the oscillation equations of a structure consisting of N identical sections symmetrically located relative to its center, the displacements and rotation angles of the nodes of one of the sections were considered as the main generalized coordinates. Displacements and rotation angles in the nodes of the remaining sections were determined through the generalized coordinates of this section, using the orthogonality of sine and cosine on a discrete set of N equal points. As a result, the oscillation equations of the structures split into $n < N/2$ systems of differential equations, the order of each of the systems being equal to the number of generalized coordinates of one section.

As an example, a cyclically symmetrical antenna was calculated. In the disclosed state, the antenna structure consists of a hexagonal frame, the rod elements of which work in tension-compression, bending-shear and rotation, a central absolutely rigid rack located perpendicular to the plane of the frame and braces connecting the frame nodes with the extreme points of the rack. Film elements located in the plane of the frame, when compiling the oscillation equations, were taken into account only in the kinetic energy of the system. A comparative analysis of the eigenvalues and normal modes obtained using this method and the results of the finite element method calculation was carried out.

Обучение с подкреплением в задаче управления движениями автономных робототехнических средств

Давыдов В.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

Создание алгоритма движения агентов-роботов – важная задача, объединяющая в себе множество дисциплин: математику, информатику, физику и др. Для достижения требуемой цели необходимо не только задать правильное поведение робота в идеальных условиях, но также принять во внимание постоянно меняющиеся условия реальной среды.

В настоящее время существует несколько подходов для решения данной задачи. Традиционно используемый подход представляет собой генерацию движений с помощью осциллятора для каждого подвижного сустава. Данный способ имеет множество преимуществ таких как, например, математически и физически правильные движения в идеальной среде. Однако среди его недостатков отмечается невозможность быстрой адаптации движений агента к реальным условиям, таким как неровная поверхность или помехи на пути робота, а также сложность подбора задаваемых исходных параметров при изменении характеристик робота (количество конечностей, форма и вес частей).

Обучение с подкреплением может существенно помочь в решении вышеописанных проблем. Применение алгоритмов RL при решении задач с генерацией движений робота увеличивает способность робота к адаптации к изменениям среды. Более того, при изменении характеристик робота, имеется возможность дообучения данных алгоритмов за достаточно короткий срок.

При решении данной задачи с применением обучения с подкреплением выделяют следующие методы: имитационный и иерархичный. Первый метод берет за основу обучение на существующих примерах хорошей походки, сгенерированных, например, математическими алгоритмами. Второй применяет в обучении агента постоянно усложняющиеся задачи. Обобщение данных подходов позволяет разделить обучение агента на отдельные уровни, за каждый из которых отвечает отдельная, специально обученная нейросеть. Например, при таком подходе можно обучить две сети, первая из которых будет отвечать за движение агента в нужном направлении, а вторая за изменение поворотов суставов агента.

Применение методов RL дает преимущество в решении такой проблемы, как зашумленность и неидеальность реального мира, когда агент, обученный в условиях идеальной симуляции, оказывается неспособен выполнить задачу в реальном мире, столкнувшись с новыми неучтенными обстоятельствами. Чтобы обучить робота действиям в

реальных условиях (например, в случае неточных входных данных), одним из возможных методов является зашумление слоёв нейронных сетей при обучении.

Таким образом, создание алгоритма глубокого обучения для генерации движений робота позволяет получить агентов, обученных различным по сложности и целям задачам, с возможностью их широкого применения в различных сферах реальной жизни.

Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement learning: An introduction. – MIT press, 2018.

Tampuu A. et al. Multiagent cooperation and competition with deep reinforcement learning //PloS one. – 2017. – Т. 12. – №. 4. – С. e0172395.

Munos R. et al. Safe and efficient off-policy reinforcement learning //arXiv preprint arXiv:1606.02647. – 2016.

Luo Y. S. et al. Carl: Controllable agent with reinforcement learning for quadruped locomotion //ACM Transactions on Graphics (TOG). – 2020. – Т. 39. – №. 4. – С. 38: 1-38: 10.

Schulman J. et al. Proximal policy optimization algorithms //arXiv preprint arXiv:1707.06347. – 2017.

Reinforcement learning for autonomous robot locomotion

Davydov V.D.

MAI, Moscow, Russia

The creation of an algorithm for the movement of robotic agents is an important task that combines many disciplines: mathematics, computer science, physics, etc. To achieve the required goal, it is necessary not only to set the correct behavior of the robot in ideal conditions, but also to take into account the constantly changing conditions of the real environment.

Currently, there are several approaches to solving this problem. The conventionally used approach is generating oscillator-assisted motion for each movable joint. This method has many advantages, such as, for example, mathematically and physically correct movements in an ideal environment. However, among its shortcomings, it is noted that it is impossible to quickly adapt the agent's movements to real conditions, such as an uneven surface or obstacles on the path of the robot, as well as the difficulty of selecting the initial parameters given when the characteristics of the robot change (number of limbs, shape and weight of parts).

Reinforcement learning can go a long way towards solving the above problems. The use of RL algorithms in solving problems with the generation of robot movements increases the robot's ability to adapt to changes in the environment. Moreover, when the characteristics of the robot change, it is possible to retrain these algorithms in a fairly short time.

When solving this problem using reinforcement learning, the following methods are distinguished: imitative and hierarchical. The first method is based on learning from existing examples of good gait, generated, for example, by mathematical algorithms. The second applies ever-increasing complexity to the agent's training.

Generalization of these approaches makes it possible to divide agent training into separate levels, for each of which a separate, specially trained neural network is responsible. For example, with this approach, you can train two networks, the first of which will be responsible for the movement of the agent in the desired direction, and the second for changing the rotation of the joints of the agent.

The use of RL methods gives an advantage in solving such problems as noisy and imperfect real world, when an agent trained under conditions of ideal simulation is unable to perform a task in the real world when faced with new unaccounted for circumstances. To train a robot to act in real conditions (for example, in the case of imprecise input data), one of the possible methods is to noise the layers of neural networks during training.

Thus, the creation of a deep learning algorithm for generating robot movements makes it possible to obtain agents trained in tasks of different complexity and goals, with the possibility of their widespread use in various spheres of real life.

Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement learning: An introduction. – MIT press, 2018.

Tampuu A. et al. Multiagent cooperation and competition with deep reinforcement learning //PloS one. – 2017. – Т. 12. – №. 4. – С. e0172395.

Munos R. et al. Safe and efficient off-policy reinforcement learning //arXiv preprint arXiv:1606.02647. – 2016.

Luo Y. S. et al. Carl: Controllable agent with reinforcement learning for quadruped locomotion //ACM Transactions on Graphics (TOG). – 2020. – Т. 39. – №. 4. – С. 38: 1-38: 10.

Schulman J. et al. Proximal policy optimization algorithms //arXiv preprint arXiv:1707.06347. – 2017.

Математическое моделирование сложного теплообмена при формировании тепловой защиты напылением высокотемпературного аэрозоля

Дегтяренко Р.А., Формалев В.Ф., Гарибян Б.А.

МАИ, г. Москва, Россия

В работе поставлена задача о тепломассопереносе при циклическом напылении высокотемпературного аэрозоля на плоскую пластину заданной толщины. При этом возникает подвижная граница – суммарная толщина пластины и конденсированного материала покрытия увеличивается. Каждый цикл состоит из кратковременного (в течение доли секунды) нагрева в результате нанесения горячего аэрозоля и на порядок большего по времени конвективно-кондуктивного и лучистого охлаждения, то есть увеличивается нелинейность 4-й степени по температуре. Цикл повторяется до получения необходимой толщины теплозащитного материала.

Для аналитического решения всей задачи область с подвижной наружу от расчетной области границей путем найденного преобразования трансформирована в область с постоянными границами, а также разработан высокоточный метод линеаризации лучистого теплового потока. После этого ко всей задаче было применено конечное интегральное косинус-преобразование Фурье, для чего предварительно была решена задача на собственные значения и собственные функции (задача Штурма-Лиувилля). Получены и проанализированы результаты вычислений: зависимости температуры от времени в некоторых точках расчетной области имеют пиковые максимумы и минимумы.

Литература:

1. Формалев В.Ф., Дегтяренко Р.А., Гарибян Б.А., Колесник С.А. Моделирование тепломассопереноса при периодическом напылении высокотемпературного теплозащитного покрытия // Теплофизика высоких температур. 2021. Т. 59. № 4. С. 566–570.

2. Формалев В.Ф., Кузнецова Е.Л. Тепломассоперенос в анизотропных телах при аэрогазодинамическом нагреве. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.

3. Формалев В.Ф. Моделирование тепломассопереноса в теплозащитных композиционных материалах на основе универсального закона разложения связующих // Теплофизика высоких температур. 2020. Т. 58. № 3. С. 412–418.

4. Карташов Э.М. Аналитические методы решения краевых задач в областях с движущимися границами. Изв. РАН. Энергетика. 1999. № 5. С. 3.

5. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. М.: Энергия. 1975.

6. Формалев В.Ф., Колесник С.А. О тепловых солитонах при волновом теплопереносе в ограниченных областях // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57. № 4. С. 543.

7. Формалев В.Ф. Теплопроводность анизотропных тел. Аналитические методы решения задач. М.: Физматлит, 2014.

Mathematical modeling of complex heat transfer in the formation of thermal protection by spraying high-temperature aerosol

Degtyarenko R.A., Formalev V.F., Garibyan B.A.

MAI, Moscow, Russia

This work posed the problem of heat and mass transfer during cyclic spraying of high-temperature aerosol onto a flat plate of a given thickness. In this case, there is a moving boundary - the total thickness of the plate and condensed coating material increases. Each cycle consists of a short-term (within a fraction of a second) heating as a result of applying the hot aerosol and an order of magnitude longer convective-conductive and radiant cooling, i.e. increasing the 4th degree

nonlinearity in temperature. The cycle is repeated until the required thickness of the heat-shielding material is obtained.

For the analytical solution of the entire problem, the region with the boundary moving outward from the computational domain was transformed by the found transformation into the region with constant boundaries, and a high-precision method of radiant heat flux linearization was also developed. After that, a finite integral Fourier cosine transform was applied to the entire problem, for which the problem on eigenvalues and eigenfunctions (Sturm-Liouville problem) was solved beforehand. The calculation results were obtained and analyzed: the temperature-time dependences at some points of the computational domain have several peaks of maxima and minima.

References:

1. Formalev V.F., Degtyarenko R.A., Garibyan B.A., Kolesnik S.A. Modeling heat and mass transfer during periodic spraying of a high-temperature heat-shielding coating // Thermal physics of high temperatures. 2021. T. 59. No. 4. pp. 566–570.

2. Formalev V.F., Kuznetsova E.L. Heat and mass transfer in anisotropic bodies during aerogasdynamic heating. M.: Publishing house MAI-PRINT, 2010.

3. Formalev V.F. Modeling of Heat and Mass Transfer in Heat-Shielding Composite Materials Based on the Universal Law of Binder Decomposition // High Temperature, Vol. 58 (2020), pp. 386–392

4. Kartashov E.M. Analytical methods for solving boundary value problems in areas with moving boundaries // Izv. RAS. Energy. 1999. No. 5. P. 3.

5. Lykov A.V. Heat and mass transfer. Handbook. M.: Energy. 1975.

6. Formalev V.F., Kolesnik S.A. On Thermal Solitons during Wave Heat Transfer in Restricted Areas // High Temperature, Vol. 57 (2019), pp. 498–502

7. Formalev V.F. Thermal conductivity of anisotropic bodies. Analytical methods for solving problems. M.: Fizmatlit, 2014.

Определение пределов прочности с использованием критерия напряжений в точке, пластин на стеклотекстолитовой основе, имеющих включения в виде малых отверстий

Ермаков И.С.

МАИ, г. Москва, Россия

Высокоэффективные характеристики композиционных материалов всячески подталкивают к их применению инженерами в конструкциях различного рода, что в свою очередь влечет к возникновению нового спектра задача. Одна из таких возникает с необходимостью внедрения отверстий в элементы конструкций, требующих расчёта на прочность с привлечением критериев, которые учитывают не простую механику разрушения композитов. Наиболее развитыми для данных материалов являются так называемые нелокальные критерии разрушения, в частности, критерий средних напряжений и напряжений в точке.

В данных тезисах представлены результаты расчётно-экспериментальной проверки применимости критерия напряжений в точки случая хрупкого разрушения, модифицированного применительно для случая вязкого характера разрушения. Эксперимент заключался в испытании на растяжение двух типов образцов, толщиной 10 мм, вырезанных в направлениях осей ортотропии из стеклотекстолита и изготовленных на основе стеклоткани с эпоксидным связующим. Для подтверждения достоверности численного решения задач о напряжённом состоянии, расчёты выполнены на основе альтернативных вычислительных моделей с последующим сопоставлением получаемых с их применением числовых результатов. Для случаев образцов с одним и двумя отверстиями расчёты осуществлены на основе конечно-элементной модели в среде комплекса Abaqus, с применением оболочечного элемента S4 и вариационно-разностной модели. Для случая образцов с восемью отверстиями для построения конечно-элементной модели, помимо элемента S4 (с размерами элементов порядка 0,03 мм в зонах отверстий), был применён объёмный элемент C3D8 (с размерами элементов порядка 0,1 мм в зонах отверстий).

Достоверность получаемых расчётных результатов по напряжениям около отверстий в рассматриваемых образцах подтверждена практическим совпадением вариационно-

разностного и конечно-элементного решений поставленной задачи прочности. Проведёнными расчётно-экспериментальными исследованиями показано, что выполняемый в рамках принятого критерия расчётный прогноз по разрушению рассматриваемых композитных образцов с круговыми отверстиями хорошо согласуется с экспериментом.

Determination of ultimate strength glass-fiber-laminated plates with inclusions in the form of small holes, using the stress criterion at a point

Ermakov I.S.
MAI, Moscow, Russia

The highly efficient characteristics of composite materials are in every possible way prompting their use by engineers in structures of various kinds, which in turn entails the emergence of a new spectrum of the problem. One of these arises with the need to introduce holes into structural elements that require strength analysis using criteria that take into account not simple fracture mechanics of composites. The most developed for these materials are the so-called nonlocal fracture criteria, in particular, the criterion of average stresses and stresses at a point.

These theses present the results of a computational and experimental verification of the applicability of the stress criterion at the points of the case of brittle fracture, modified for the case of a ductile nature of fracture. The experiment consisted in tensile testing of two types of specimens, 10 mm thick, cut in the directions of the orthotropy axes from fiberglass and made on the basis of fiberglass with an epoxy binder. To confirm the reliability of the numerical solution of the stress state problems, the calculations were carried out on the basis of alternative computational models with the subsequent comparison of the numerical results obtained with their application. For the cases of samples with one and two holes, the calculations were carried out on the basis of a finite element model in the environment of the Abaqus complex, using an S4 shell element and a variational-difference model. For the case of samples with eight holes, to build a finite element model, in addition to element S4 (with element sizes of the order of 0.03 mm in the hole zones), a C3D8 volumetric element was used (with element dimensions of the order of 0.1 mm in the hole zones).

The reliability of the calculated results for stresses near the holes in the samples under consideration is confirmed by the practical coincidence of the variational-difference and finite-element solutions of the set strength problem. The performed computational and experimental studies have shown that the computational prediction for the destruction of the considered composite specimens with circular holes, carried out within the framework of the accepted criterion, is in good agreement with the experiment.

Разработка математической модели для прогнозирования результатов высокоскоростных трековых испытаний

[1]Ершенко Д.Е., [2]Астахов С.А., [1]Боровиков Д.А., [1]Бардовский М.М.
[1]МАИ, г. Москва, Россия;
[2]ФКП «ГкНИПАС», п. Белоозёрский, Россия

Разработка современной авиационной техники требует проведения дорогостоящих испытаний в условиях приближенных к условиям эксплуатации. Одним из видов таких испытаний являются трековые испытания на наземных полигонах в условиях высоких скоростей.

Существенными сложностями таких испытаний являются высокие скорости проведения испытаний и высокая нагрузка на оборудование телеметрии, установленное на объекте испытаний.

Распространенной практикой является применение CDF методов для определения сил действующих на объект в процессе испытаний, а также конечно элементных методов для определения прочностных характеристик. Такой подход не позволяет спрогнозировать интегральных параметров объекта в течение испытаний и действующих вибрационных нагрузок.

Для удешевления и упрощения подготовки испытаний было разработано представление комплекса математических моделей в виде связанного графа, включающего математическую

модель пространственной подвижной упругой каретки, модели скользящего контакта между рельсом и опорой, модели аэродинамики с учетом крутящих моментов от действия аэродинамических сил по трем осям и модель ТТРД с возможностью задания профиля тяги. Комплекс математических моделей позволяет учесть конфигурацию объекта испытаний за счет задания его геометрических характеристик, влияние расположения опор и двигателей, а также влияние пространственной формы, стыков и дефектов трека.

Разработанный комплекс математических моделей позволяет определить доминирующие частоты вибрационных нагрузок, виброускорения и силы, действующие на участках каретки, а также другие параметры вдоль траектории.

Применение разработанного комплекса математических моделей позволяет удешевить и ускорить подготовку испытаний. Спрогнозировать достижение необходимых скоростей и провести оптимизацию облика каретки и силовой установки с учетом действующих постоянных и вибрационных нагрузок.

Development of a mathematical model for high-speed track tests results prediction

[1]Ershenko D.E., [2]Astakhov S.A., [1]Borovikov D.A., [1]Bardowsky M.M.

[1]MAI, Moscow, Russia;

[2]FKP “GkNIPAS”, Beloozersky, Russia

The development of modern aviation technology requires high-cost testing at conditions as close as possible to the natural conditions of operation. One of these types of testing is track tests on ground-based polygons at conditions of high speeds.

Significant difficulties of such tests are high test speed and high load on telemetry equipment, which are installed on object of testing.

A common practice is the use of CDF methods to determine the forces acting on an object during testing, as well as finite element methods to determine strength characteristics. This approach doesn’t allow us to predict the integral parameters and operating vibration loads on the object during testing.

To reduce the cost and simplify the preparation of tests, a representation of a system of mathematical models was developed in the form of a connected graph, including a mathematical model of a spatial movable elastic carriage, a model of sliding contact between a rail and a support, an aerodynamics model considering torques from the action of aerodynamic forces along three axes and a solid-propellant rocket engine model with the ability to set the thrust profile. System of mathematical models allows to consider the configuration of the test object by specifying its geometric characteristics, influence of the location of supports and engines, as well as the influence of spatial shape, joints, and track defects.

System of mathematical models, which was developed, allows to determine the dominant frequencies of vibration loads, vibroacceleration and forces acting on the trolley sections, as well as other parameters along the trajectory.

The developed system of mathematical models makes it possible to reduce the cost and speed up the preparation of tests, predict the achievement of the required speeds, and to optimize the appearance of the carriage and the engine taking into account the existing forces and vibration loads.

Моделирование кризисной динамики квази динамической системы

Зайцев В.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Изучается окрестность выхода из области устойчивости для системы уравнений, описывающих движение ЛА (с помощью систем ОДУ), динамику различных индексов биржи ММВБ и основных бирж развитых стран (описываемую, в частности, нейро системами или системами ДУ с разрывной правой частью).

На рассматриваемые объекты и процессы воздействуют различные неконтролируемые факторы (в виде сил, вызываемых, нестандартной атмосферой или ветром для ЛА и информационных сообщений по мировой экономике, фондовому и товарным рынкам при анализе биржевой динамики). Предполагаем гладкость и ограниченность таких факторов для задач динамики ЛА и аналогичных условий для кривых, описывающих изучаемые индексы.

Воздействие этих факторов может приводить к кризисным ситуациям. Дается определение кризисной ситуации и кризиса. Среди катастрофических ситуаций рассматриваются потеря устойчивости ЛА в смысле практической устойчивости, попадание ЛА в опасную зону, кризисные ситуации в экономике и фондовом рынке (резкое падение изучаемых фондовых индексов).

С помощью метода сравнения, (в ряде опубликованных работ) автор строит прогнозные системы сравнения для детерминированных систем в виде систем ОДУ и области достижимости для систем с управлением, оцениваются фазовый поток (интегральная воронка) системы, начинающийся в некотором ограниченном замкнутом начальном множестве (в частности, в точке). Решения систем сравнения дают оценки, фазового потока (временного сечения интегральной воронки) рассматриваемых систем.

В некоторых предположениях, эти результаты переносятся для квази динамических систем (в частности, моделируемых нейро сетями.)

Для систем с управлением строится управление, обеспечивающего выход ЛА из опасной зоны. Для финансово- экономических процессов возможны различные стратегии выхода из кризисных ситуаций. В частности, иногда возможно понизить риск с помощью страхования фьючерсами, увеличение процента надежных активов, уменьшения риска в портфелях ЦБ, и др.

Приводятся соответствующие примеры. Среди которых рассматривается построение стабилизирующего управления ЛА по высоте и углу тангажа при ограниченном ветровом воздействии при движении ЛА в вертикальной плоскости.

Modeling of crisis dynamics for quasi-dynamical systems

Zaithev V.V.
MAI, Moscow, Russia

We consider crisis dynamics of the systems differential equation. Which described dynamics of aircraft and dynamics of stock indexes. In the first case, dynamics is described de ordinary DE in the second case by different quasi-dynamic systems. The studied objects are affected by various uncontrolled factors. Among them are the wind, the non-standard atmosphere for dynamics of aircraft, sharp price changes in commodity markets., negative date on the macroeconomics, etc. for dynamics of stock indexes. The impact of such factors can lead to various crisis situations.

The definition of a crisis situation and crisis is given. Using the theorems of comparison method, which author were proved early, the comparison systems are constructed. With the help of these systems, the estimations of systems phase flow can be obtained. These results are carried over for quasi-dynamic systems and various crisis situations in the stock market are considered.

We consider different example. One of them the construction of stability control for aircraft is influenced by wind. are considered. The plane motion of the passenger aircraft are studied. We consider as initial area the neighborhood of the cruising trajectory for passenger aircraft and as admissible set we consider the certain rectangle on the height and pitch angle. As the result of this control initial area in phase state is transformed to the admissible set.

For financial and economical processes various ways out crisis situations are considered.

Алгоритм поиска равновесий в биматричных играх с квантильными функциями выигрышей

Иванов С.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Изучается биматричная игра двух лиц. Стратегии игроков являются смешанными, то есть игроки определяют вероятности выбора чистых стратегий, принадлежащих конечным множествам. Функциями выигрышей игроков являются квантили потерь [1], взятые с противоположными знаками. Таким образом, каждый игрок стремится максимизировать свой доход, гарантированный с заданной вероятностью, при этом уровни надёжности принятия решения (уровни квантилей) у игроков могут отличаться. Тем самым учитываются различные склонности к риску этих игроков. Ставится задача поиска равновесий по Нэшу в

сформулированной игре. Для предложенной задачи разработан алгоритм решения, основанный на решении специальным образом построенных задач поиска точек, принадлежащих описываемым с помощью квадратичных невыпуклых ограничений множествам. Предлагаемый алгоритм позволяет найти все возможные ситуации равновесия, соответствующие различным выигрышам игроков.

В докладе обсуждается численная реализация разработанного алгоритма. Для решения задач квадратичной невыпуклой оптимизации использовалась программа gurobi. Вычисления проводились на ЭВМ с процессорами Intel Core i9-10900 и i7-10700. Рассмотрен ряд примеров различной размерности. Исследуется зависимость времени решения задачи от количества стратегий игроков. Для задач с 3 чистыми стратегиями игроков поиск решения занимает менее одной секунды. Однако в связи с невыпуклостью ограничений рассматриваемых задач, решение задачи с 8 чистыми стратегиями занимает порядка 3 часов. При этом в некоторых примерах удавалось найти более 50 ситуаций равновесия, соответствующих различным выигрышам игроков.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-37-70022).

Литература:

1. Кибзун А.И., Кан Ю.С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями. М.: Физматлит, 2009.

An algorithm to find equilibria in bimatrix games with quantile payoff functions

Ivanov S.V.
MAI, Moscow, Russia

A bimatrix game of two players is studied. The players' strategies are mixed, that is, the players determine the probabilities of choosing pure strategies belonging to finite sets. The players' payoffs are loss quantiles [1] taken with opposite signs. Thus, each player intends to maximize his income, guaranteed with a given probability, while the levels of decision-making reliability (quantile levels) for the players may differ. This takes into account the different risk strategies of these players. The problem of finding Nash equilibria in the formulated game is stated. For the proposed problem, a solution algorithm is developed. The algorithm is based on the solution of specially constructed problems of finding points belonging to the sets described by quadratic nonconvex constraints. The proposed algorithm makes it possible to find all possible equilibria corresponding to different payoffs of the players.

Numerical implementation of the developed algorithm is discussed in the work. To solve the problems of quadratic nonconvex optimization, the gurobi program was used. The calculations were carried out on computers with Intel Core i9-10900 and i7-10700 processors. A number of examples of various dimensions are considered. The dependence of the time of solving the problem on the number of players' strategies is investigated. For problems with 3 pure player strategies, finding a solution takes less than one second. However, due to the non-convexity of the constraints of the problems under consideration, the solution of the problem with 8 pure strategies takes about 3 hours. At the same time, in some examples, it was possible to find more than 50 equilibrium situations corresponding to different payoffs of the players.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 20-37-70022).

References:

1. Kibzun A.I., Kan Yu.S. Stochastic programming problems with probabilistic criteria (in Russian). Moscow: Fizmatlit, 2009.

Математическое моделирование воздушного потока от несущего винта стоящего вертолета

[1]Каргаев М.В., [1]Артамонов Б.Л., [1]Макеев П.В., [2]Самсонов К.Ю.
[1]МАИ, г. Москва, Россия;
[2]АО «НЦВ Миль и Камов», п. Томилино, Россия

Экспериментальное подтверждение методов расчета воздействия на невращающиеся лопасти несущего винта (НВ) вертолета ветра различной интенсивности вызывает значительные трудности. Дело в том, что показателем интенсивности ветрового воздействия является уровень напряжений, возникающих в элементах конструкции лопастей под воздействием аэродинамических и инерционных сил, действующих на лопасть в плоскости наименьшей жесткости. Для этого необходимо выполнение следующих условий: лопасти должны быть оборудованы датчиками напряжений (тензорезисторами), подключенными к записывающей аппаратуре; в период интенсивного ветрового воздействия аппаратура должна быть включена; перед испытаниями и после них должны быть проведены замеры напряжений в лопасти при отсутствии ветрового воздействия.

Одновременное выполнение этих условий представляется маловероятным событием. Поэтому авторами была предложена схема специального эксперимента, в котором источником ветрового воздействия на лопасти вертолета с заторможенным от вращения винтом является другой вертолет, расположенный рядом и создающий воздушный поток вращающимся несущим винтом.

Натурный эксперимент по предложенной схеме был проведен в летно-испытательном комплексе Национального центра вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова (АО «НЦВ Миль и Камов»). Для сопоставления результатов расчета и эксперимента предложена и реализована приближенная математическая модель, позволяющая описать поле скоростей в сечении струи, создаваемой вертолетом вблизи поверхности земли, выполняющей функции экрана, на различных удалениях от оси вращения винта.

Для вычисления индуктивных скоростей использованы формулы дисковой вихревой теории воздушного винта с учетом эффекта влияния экрана при работе винта вблизи земли. Для описания закона изменения скорости индуктивного потока в приземной струе винта использованы результаты математического моделирования работы НВ вертолета, полученные на основе нелинейной вихревой модели. Для связи абсолютных значений радиальных скоростей в приземной струе с режимом работы винта используется равенство расходов воздуха через цилиндрическое сечение струи и расхода воздуха через диск винта. Для приведения радиальной скорости потока в струе к эквивалентному воздействию скорости ветра она усредняется по радиусу исследуемой лопасти НВ вертолета, находящегося в зоне воздушной струи вертолета с вращающимся НВ. Результаты математического моделирования воздушного потока от вертолета Ми-26 сопоставлены с величинами скоростей, замеренными анемометром.

Таким образом вычисляются значения эквивалентной скорости и азимута ветра, вызываемого вертолетом с вращающимся НВ на лопастях вертолета, занимающих различное азимутальное положение относительно источника возмущений. Параметры напряженно-деформированного состояния невращающейся лопасти НВ от эквивалентного ветрового воздействия рассчитываются на базе нелинейной модели нагружения.

На основе анализа полученных в эксперименте напряжений, возникающих в лопасти НВ при рассмотренном случае нагружения, и их сравнения со значениями напряжений, полученными расчетным способом для порыва ветра с максимальным значением условной скорости ветра равной эквивалентному, установлено удовлетворительное совпадение результатов численного динамического расчета напряжений в лопасти и экспериментальных данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90028.

Mathematical modeling of the airflow from the main rotor of a standing helicopter

[1]Kargaev M.V., [1]Artamonov B.L., [1]Makeev P.V., [2]Samsonov K.Yu.
[1]MAI, Moscow, Russia;
[2]Mil and Kamov National Helicopter Plant, Tomilino, Russia

Experimental confirmation of methods for calculating the impact of wind of varying intensity on the rotating main rotor (MR) blades of a helicopter causes significant difficulties. The fact is that an indicator of the intensity of wind action is the level of stresses arising in the structural elements of the blades under the influence of aerodynamic and inertial forces acting on the blade in the plane of least rigidity. To do this, the following conditions must be met: the blades must be equipped with voltage sensors (strain gages) connected to recording equipment; during the period of intense wind exposure, the equipment must be switched on; before and after the tests, the stresses in the blade must be measured in the absence of wind action.

Simultaneous fulfillment of these conditions seems to be an unlikely event. Therefore, the authors proposed a scheme of a special experiment in which the source of wind action on the blades of a helicopter with a rotor slowed down from rotation is another helicopter located nearby and creating an air flow with a rotating rotor.

A full-scale experiment according to the proposed scheme was carried out in the flight test complex of the M.L. Mil and N.I. Kamov National Helicopter Center (JSC "NHC Mil and Kamov"). To compare the results of the calculation and experiment, an approximate mathematical model is proposed and implemented that allows describing the velocity field in the cross section of the jet created by the helicopter near the earth's surface, performing the functions of a screen, at various distances from the axis of rotation of the rotor.

To calculate the inductive velocities, the formulas of the disk vortex theory of the rotor are used, taking into account the effect of the screen when the rotor is operating near the ground. To describe the law of the change in the velocity of the inductive flow in the surface jet of the rotor, the results of mathematical modeling of the operation of the helicopter's MR, obtained on the basis of a nonlinear vortex model, are used. To connect the absolute values of radial velocities in a surface jet with the operating mode of the screw, the equality of air flow through the cylindrical section of the jet and air flow through the screw disk is used. In order to bring the radial flow velocity in the jet to the equivalent effect of wind speed, it is averaged over the radius of the investigated blade of the helicopter MR located in the zone of the helicopter air jet with a rotating MR. The results of mathematical modeling of the air flow from the Mi-26 helicopter are compared with the velocity values measured by an anemometer.

Thus, the values of the equivalent speed and azimuth of the wind caused by a helicopter with a rotating MR on helicopter blades occupying different azimuthal positions relative to the source of disturbances are calculated. The parameters of the stress-strain state of a non-rotating main rotor blade from equivalent wind action are calculated on the basis of a nonlinear loading model.

Based on the analysis of the experimentally obtained stresses arising in the MR blade in the considered case of loading, and their comparison with the stress values obtained by calculation for a gust of wind with a maximum value of the conditional wind speed equal to the equivalent, a satisfactory coincidence of the results of numerical dynamic calculation of stresses in the blade and experimental data has been established.

The reported study was funded by RFBR, project number 20-38-90028.

Оценка применения нового эволюционного алгоритма оптимизации для поиска глобального оптимума в задачах общего вида

Кишов Е.А., Куркин Е.И.
Самарский университет, г. Самара, Россия

В инженерных приложениях задачи оптимального проектирования отличаются, как правило, невыпуклым поведением целевой функции и/или функций ограничений. Поэтому особое прикладное значение имеют методы глобальной оптимизации. Распространённой практикой является использование алгоритмов глобального поиска в качестве «предобуславливателя» для локального оптимизатора.

Целью данной работы является модификация и оценка эффективности использования нового метоэврестического алгоритма глобальной оптимизации BRMC (Best, Random, Mutation & Crossover) для поиска глобального оптимума в задачах общего вида. Новый метоэвристический алгоритм разработан авторами в ходе оптимизации точек входа расплава при производстве изделий методом литья под давлением. На начальном этапе осуществляется так называемый «случайный засев», когда пространство поиска заполняется заданным количеством N случайно расположенных точек. Каждая итерация алгоритма состоит в формировании новой популяции на основе предыдущей. Размер популяции остаётся постоянным. При формировании новой популяции алгоритм проходит четыре этапа. Первый этап (Best) – выбор лучших точек: из предыдущего засева в следующую популяцию добавляется Nbest лучших точек. Второй этап (Random) – генерация набора случайных точек в количестве Nrand. Третий этап (Mutation) – мутация: варьирование координат Nmut лучших точек. И четвёртый этап (Crossover) – скрещивание: образование Ncross точек на основе особого попарного линейного комбинирования координат точек предыдущего засева. Получившиеся списки лучших, случайных, мутировавших и скрещенных точек сливаются в один список – тем самым, завершая процедуру формирования новой популяции и осуществляя переход на следующую итерацию.

В ходе работы разработано программное обеспечение, реализующее алгоритм BRMC, а также, в целях сравнения, имеющий хорошую репутацию классический алгоритм дифференциальной эволюции (Differential Evolution, DE). Программное обеспечение обладает наглядными возможностями по визуализации процесса оптимизации. Решение тестовых задач на многоэкстремальных функциях показало более высокую эффективность (скорость сходимости) алгоритма BRMC по сравнению с DE. Кроме того, следует отметить, что при одном и том же числе итераций количество вычислений целевой функции у BRMC ровно в два раза меньше, чем у DE.

Исследование выполнено финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №19-79-10205.

Evaluation of a New Evolutionary Optimization Algorithm for Finding the Global Optimum in General Tasks

Kishov E.A., Kurkin E.I.
Samara University, Samara, Russia

In engineering applications, optimal design problems are characterized, as a rule, by nonconvex behavior of the target function and/or constraint functions. Therefore, global optimization methods are of special applied importance. It is common practice to use global search algorithms as a "pre-conditioner" for local optimizer.

The purpose of this work is to modify and evaluate the efficiency of the new BRMC (Best, Random, Mutation & Crossover) metaheuristic global optimization algorithm for finding the global optimum in general type problems. The new methaheuristic algorithm was developed by the authors during the gate points optimization in the molding production problem. At the initial stage is the so-called "random seeding", when the search space is filled with a given number of N randomly located points. Each iteration of the algorithm consists of forming a new population based on the previous one. The population size remains constant. When forming a new population, the algorithm goes through four steps. The first stage (Best) – selection of the best points: Nbest best points are added to the next population from the previous sowing. The second stage (Random) – generation of a set of random points in Nrand number. The third stage (Mutation) – mutation: varying coordinates of Nmut best points. And the fourth stage (Crossover) – crossover: formation of Ncross points based on a special pairwise linear combination of coordinates of points of the previous sowing. The resulting lists of best, random, mutated and crossed points are merged into one list – thus completing the procedure of forming a new population and carrying out the transition to the next iteration.

In this work we developed software that implements the BRMC algorithm, as well as, for comparison purposes, the classical algorithm of Differential Evolution (DE), which has a good reputation. The software has visualization capabilities for the optimization process. Solving test

problems on multi-extreme functions has shown a higher efficiency (speed of convergence) of BRMC algorithm as compared to DE. In addition, it should be noted that for the same number of iterations the number of calculations of the target function in BRMC is exactly half as much as in DE.

The study was financially supported by the Russian Science Foundation, project No. 19-79-10205.

Расчётное моделирование процессов закритического деформирования конструкций с имитаторами дефектов

[1]Кокуров А.М., [2]Волков А.Н., [1]Агаев М.Р.
[1]ПАО «Туполев», [2]МАИ, г. Москва, Россия

В течение всего жизненного цикла композитных элементов конструкций авиационной техники возможно возникновение дефектов и повреждений. Их наличие может привести к существенному снижению прочности и в некоторых случаях к разрушению конструкции [1]. К настоящему времени накоплен значительный опыт по экспериментальным и аналитическим методам оценки прочности композитных изделий и агрегатов. Однако, несмотря на многообразие существующих подходов в большинстве случаев решение представлено без учёта возможного нелинейного деформационного поведения объекта [2].

Проводимое исследование посвящено проблеме математического моделирования и численного расчета локальной потери устойчивости объектов с дефектами структуры материала. В отличие от большинства опубликованных работ авторами выполнена не только оценка критической нагрузки потери устойчивости, но и анализ закритического поведения объектов исследования. В качестве объектов исследования рассмотрены прямоугольные пластины с имитаторами дефектов различных размеров и форм. Расчётное исследование выполнено с помощью метода конечных элементов в линейной и нелинейной постановках. Условия закрепления и нагружения объектов исследования соответствуют ГОСТу 33495-2015 [3] и ASTM D7137/D7137M [4].

Проведённая верификация показывает хорошее совпадение численных результатов с экспериментальными данными.

Литература:

1. L. Molent, A. Haddad. A critical review of available composite damage growth test data under fatigue loading and implications for aircraft sustainmen. Composite Structures. Volume 232, 15 January 2020, 111568.

2. P. Ravi Kumar, Ganesh Gupta, G.K. Shamili, D. Anitha. Linear Buckling Analysis and Comparative Study of Un-stiffened and Stiffened Composite Plate. Materials Today: Proceedings. Volume 5, Issue 2, Part 1, 2018, Pages 6059-6071.

3. ГОСТ 33495-2015 «Композитные материалы. Метод испытания на сжатие после удара».

4. ASTM D7137/D7137M «Standard Test Method for Compressive Residual Strength Properties of Damaged Polymer Matrix Composite Plates».

Supercritical deformation processes in computational modeling of structures with defect imitators

[1]Kokurov A.M., [2]Volkov A.N., [1]Agaev M.R.
[1]PJSC Tupolev, [2]MAI, Moscow, Russia

Defects and damages may occur during the entire life cycle of composite elements in aircraft structures. Their presence can lead to a significant decrease in strength and, in some cases, to the structural destruction [1]. To date, considerable experience has been accumulated in experimental and analytical methods for evaluating the strength of composite products and units. However, despite the variety of existing approaches, in most cases the solution is presented without taking into account the possible nonlinear deformation behavior of the object [2].

The research is devoted to the problem of mathematical modeling and local buckling numerical calculation for with defects inside the material structure. Unlike most of publications, the authors performed not only an evaluation of buckling critical loads, but also an analysis of the supercritical behavior. Rectangular plates with defect imitators of various sizes and shapes are considered as objects of research. The computational study was performed using the finite element method in linear

and nonlinear formulations. The conditions for fixing and loading the objects of research correspond to GOST 33495-2015 [3] and ASTM D7137 / D7137M [4].

The verification shows a good coincidence of the results obtained by calculation with experimental data.

References:

1. L. Molent, A. Haddad. A critical review of available composite damage growth test data under fatigue loading and implications for aircraft sustainmen. Composite Structures. Volume 232, 15 January 2020, 111568.

2. P. Ravi Kumar, Ganesh Gupta, G.K. Shamili, D. Anitha. Linear Buckling Analysis and Comparative Study of Un-stiffened and Stiffened Composite Plate. Materials Today: Proceedings. Volume 5, Issue 2, Part 1, 2018, Pages 6059-6071.

3. GOST 33495-2015 «Kompozitnye materialy. Metod ispytaniya na szhatie posle udara».

4. ASTM D7137/D7137M «Standard Test Method for Compressive Residual Strength Properties of Damaged Polymer Matrix Composite Plates».

Конструирование быстрого и фотореалистичного конвейера алгоритмов для решения задачи One-shot Face Swapping

Кондаратцев В.Л.

МАИ, г. Москва, Россия

Начиная с 2016 года, рост популярности тематики DeepFake как в научной среде, так и в практических приложениях можно оценить экспоненциально [1]. Одной из актуальных тем внутри этого нового направления, является создания высококачественных видеороликов с заменой лиц на основе одной или нескольких фотографий лица-образца и ролика для наложения.

В данной работе предлагается усиление лучших известных архитектур на этапе препроцессинга и постпроцессинга. В качестве базового метода рассматривается GAN архитектура SimSwap [2]. На этапе постпроцессинга предложено встраивать глубокую архитектуру специализирующуюся на улучшении качества снимков человеческого лица GPEN [3], а также использовать балансировку цвета на основе YUV цветового пространства. На этапе препроцессинга предлагается с одной стороны использовать анимированную 3D модель восстановлено лица с помощью метода DECA [4], с другой стороны, предлагается использовать нейросетевую анимацию статичного изображения [5]. Для валидирования качества итогового результата используется алгоритм оценивания наличия DeepFake в отдельно взятом кадре на основе сверточных нейронных сетей. Отдельно рассматривается вопрос цветового и текстурного флаттера лица при использовании моделей постпроцессинга, рассчитанных на единичные кадры. Помимо алгоритмического препроцессинга в работе рассматривается эвристический алгоритм производственного препроцессинга, основанный на экстремальных характеристиках освещения, позиции камер и лицевой мимики актера.

Практическое приложение данной работы направлено на создание быстрого и дешевого способа получение видеороликов с людьми, от которых осталось всего несколько фотографий и совершенно не осталось видео. Такие ролики могут стать основой художественных или документальных фильмов о таких людях. В качестве тестового материала, конвейер алгоритмов апробирован на лице художника конструктивиста Александра Родченко. В качестве целевого видео использовались ролики в разрешении 4K с актером, чей облик специально был подобран как наиболее схожий с обликом художника.

Литература:

1. Nguyen, T.T., Nguyen, C.M., Nguyen, D.T., Nguyen, D.T. and Nahavandi, S., 2019. Deep learning for deepfakes creation and detection: A survey. arXiv preprint arXiv:1909.11573.

2. Chen, R., Chen, X., Ni, B. and Ge, Y., 2020, October. SimSwap: An Efficient Framework For High Fidelity Face Swapping. In Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia (pp. 2003-2011).

3. Yang, T., Ren, P., Xie, X. and Zhang, L., 2021. GAN Prior Embedded Network for Blind Face Restoration in the Wild. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 672-681).
4. Feng, Y., Feng, H., Black, M.J. and Bolkart, T., 2021. Learning an animatable detailed 3D face model from in-the-wild images. ACM Transactions on Graphics (TOG), 40(4), pp.1-13.

Designing a fast and photorealistic pipeline of algorithms for solving the One-shot Face Swapping problem

Kondarattsev V.L.
MAI, Moscow, Russia

Since 2016, the growth in popularity of the Deep Fake topic both in the scientific environment and in practical applications can be estimated exponentially [1]. One of the current topics within this new direction is the creation of high-quality videos with the replacement of faces based on one or more photos of a sample face and an overlay video.

In this paper, we propose strengthening the best known architectures at the stage of preprocessing and postprocessing. The GAN architecture of SimSwap is considered as a basic method [2]. At the postprocessing stage, it is proposed to embed a deep architecture specializing in improving the quality of images of the human face of the GPEN [3], as well as to use color balancing based on the SE color space. At the preprocessing stage, on the one hand, it is proposed to use an animated 3D model of the reconstructed face using the DECA method [4], on the other hand, it is proposed to use neural network animation of a static image [5]. "Deep forgery." The issue of color and texture flutter of the face is considered separately when using postprocessing models designed for single frames. In addition to algorithmic preprocessing, the paper considers a heuristic algorithm of production preprocessing based on the extreme characteristics of lighting, camera position and facial expressions of the actor.

The practical application of this work is aimed at creating a quick and cheap way to get videos with people from whom there are only a few photos left and there are absolutely no videos left. Such videos can become the basis of feature films or documentaries about such people. As a test material, the algorithm pipeline was tested on the face of constructivist artist Alexander Rodchenko. As a target, 4K video clips were used with an actor whose appearance was specially selected as the most similar to the appearance of the artist.

References:

1. Nguyen, T.T., Nguyen, C.M., Nguyen, D.T., Nguyen, D.T. and Nahavandi, S., 2019. Deep learning for deepfakes creation and detection: A survey. arXiv preprint arXiv:1909.11573.
2. Chen, R., Chen, X., Ni, B. and Ge, Y., 2020, October. SimSwap: An Efficient Framework For High Fidelity Face Swapping. In Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia (pp. 2003-2011).
3. Yang, T., Ren, P., Xie, X. and Zhang, L., 2021. GAN Prior Embedded Network for Blind Face Restoration in the Wild. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 672-681).
4. Feng, Y., Feng, H., Black, M.J. and Bolkart, T., 2021. Learning an animatable detailed 3D face model from in-the-wild images. ACM Transactions on Graphics (TOG), 40(4), pp.1-13.

Исследование трансформации диаграммы направленности АФАР беспилотного летательного аппарата при выходе из строя излучающих элементов с помощью компьютерного моделирования

Крылова М.А., Сотникова Н.В., Страхов С.Ю.
БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

Анализ работы сложных антенных комплексов с помощью моделирования в специализированных системах автоматизированного проектирования существенно экономит временные и материальные ресурсы. Ядром компьютерного моделирования предлагается использовать математический аппарат, включающий в себя два метода решения алгебраических уравнений для определения характеристик электромагнитных структур: метод конечных элементов (решение дифференциальных уравнений) и метод моментов

(решение интегральных уравнений). Исследуемая антенная система, в частности активная фазированная антенная решетка (АФАР), разбивается на непересекающиеся области, связанные между собой в вершинах. Для каждой такого элемента определяется аппроксимирующая функция (полином) и составляется соответствующая система линейных алгебраических уравнений с учетом различных вкладов от областей и узлов. В результате решения системы уравнений определяются расчетные величины и характеристики в элементах.

Программное обеспечение электромагнитного анализа и моделирования Ansys Electronics Desktop позволяет реализовать предложенную методику моделирования. После построения геометрической модели единичной антенны (печатный излучатель квадратной формы) с описанием граничных условий и установкой портов излучения, формируется антенная решетка (АР) с заданными характеристиками: общее количество излучателей – 100 единиц (решётка 10*10 излучающих элементов), центральная частота – 10 ГГц, специальная настройка – центральный луч диаграммы направленности (ДН) направлен нормально к плоскости антенной решетки.

На первом этапе моделирования происходит анализ единичного антенного излучателя. На следующей стадии анализа формируется структура антенного комплекса, где решённый излучающий элемент виртуально размножается в соответствии с заданной формой антенной решетки (при этом учитываются краевые эффекты и взаимные влияния антенных элементов друг на друга).

В результате компьютерного моделирования определяется большое количество параметров излучающих комплексов, в частности, диаграмма направленности – одна из наиболее важных характеристик антенных систем. В результате серии экспериментов было определено, что при выходе из строя одного из излучателей (вне зависимости от расположения), ДН АФАР практически не изменяется. При выключении двух смежных излучателей ДН претерпевает изменения, которые выражаются в небольшом уменьшении коэффициента усиления (~2 дБ) центрального лепестка. Если отключены две антенны, которые не соприкасаются гранями, то изменения ДН остаются приемлемыми для дальнейшей работы АР. При повреждении трех и более излучателей происходит существенная деформация лепестков ДН, что будет негативно сказываться на качестве работы антенного комплекса.

С помощью компьютерного моделирования по разработанной методике можно определять характеристики АФАР без создания реальных сложных и дорогостоящих макетов, что позволяет существенно сократить материальные и временные затраты на исследование и разработку антенных комплексов. В результате исследования было определено месторасположение и количество дефектных излучающих элементов антенной решетки из планарных излучателей, при которых трансформация ДН существенно не влияет на способность комплекса работать в требуемом режиме.

Investigation of changes in the radiation pattern of active phased antenna array of the drone in case of failure of radiating elements using computer modeling

Krylova M.A., Sotnikova N.V., Strakhov S.Y.
BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

Analysis of the operation of antenna complexes using modeling in specialized computer-aided design systems significantly saves time and material resources. The core of computer modeling is proposed to use the mathematical tools that includes two methods for solving algebraic equations to determine the characteristics of electromagnetic structures: the finite element method (solving differential equations) and the method of moments (solving integral equations). The antenna system under study, in particular the active phased array antenna, is divided into disjoint regions connected to each other at the vertices. For each such element, an approximating function (polynomial) is determined and a corresponding system of linear algebraic equations is compiled taking into account various contributions from regions and nodes. As a result of solving the system of equations, the calculated values and characteristics in the elements are determined.

The special electromagnetic analysis and modeling software - Ansys Electronics Desktop – allows you to implement the proposed modeling methodology. After constructing a geometric model of a single antenna (a square-shaped printed emitter) with a description of boundary conditions and the installation of radiation ports, an antenna array with the specified characteristics is formed: the total number of emitters is 100 units (a grid of 10*10 emitting elements), the central frequency is 10 GHz, a special setting – the central beam of the radiation pattern is directed normally to the plane of the antenna array.

At the first stage of modeling, a single antenna emitter is analyzed. At the next stage of the analysis, the structure of the antenna complex is formed, where the solved radiating element is virtually multiplied in accordance with the specified shape of the antenna array (edge effects and mutual influences of antenna elements on each other are taken into account).

As a result of computer modeling, a large number of parameters of radiating complexes are determined, in particular, the radiation pattern is one of the most important characteristics of antenna systems. As a result of a series of experiments, it was determined that when one of the emitters fails (regardless of location), the radiation pattern practically does not change. When two adjacent emitters are switched off, the radiation pattern undergoes changes, which are expressed in a slight decrease in the gain (~ 2 dB) of the central lobe. If two antennas that do not touch the sides are disconnected, then the changes in the radiation pattern remain acceptable for further operation of the array antenna. If three or more emitters are damaged, a significant deformation of the bottom lobes occurs, which will negatively affect the quality of the antenna complex.

Conclusions.

With the help of computer modeling according to the developed methodology, it is possible to determine the characteristics of active phased antenna arrays without creating real complex and expensive layouts, which significantly reduces the material and time costs for the research and development of antenna complexes. As a result of the study, the location and number of defective radiating elements of the antenna array from planar radiators were determined, in which the transformation of the radiation pattern does not significantly affect the ability of the complex to operate in the required mode.

Модификация adjointShapeOptimizationFoam для топологической оптимизации каналов с учетом неньютоновского характера жидкости

Куркин Е.И., Куихада Пиокуинто
Самарский университет, г. Самара, Россия

В настоящее время для проектирования изделий широко используется методика топологической оптимизации. Актуальным вопросом является применение методики топологической оптимизации для проектирования пресс-форм для изготовления деталей литьем под давлением. На сегодняшний день не существует промышленного или открытого программного обеспечения, включающего неньютоновские потоки, многофазные потоки и явления теплопередачи и изменения состояния в процессах топологической оптимизации.

В данной статье описывается вопрос разработки решателя с открытым исходным кодом для оптимизации топологии при проектировании литниковой системы. Для решения этой задачи использован OpenFOAM (версия 9), бесплатный пакет программ вычислительной гидродинамики (CFD), который имеет решатель топологической оптимизации и несколько моделей вязкости для неньютоновских жидкостей, которые могут быть модифицированы в соответствии с потребностями пользователя. В системе OpenFOAM модифицирован модуль решения сопряженных уравнений adjointShapeOptimizationFoam, позволяющий определить форму литниковой системы, через которую проходит неньютоновская жидкость. Целевой функцией является минимальная рассеиваемая мощность на пути от входа до выходов расчетной области и получение равномерного потока на выходах. Жидкость считалась ламинарной, использовалась степенная модель вязкости.

Для валидации нового кода были проведены тесты с двумерными потоками, с расчетной областью с одним входом и двумя выходами, со стенками, которые поддерживаются при температуре ниже температуры жидкости.

Исследование выполнено финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №19-79-10205.

Modification of the adjointShapeOptimizationFoam solver for topological optimization of ducted non-Newtonian flows

Kurkin E.I., Quijada P.J.
Samara University, Samara, Russia

At present, the topological optimization technique is widely used for product design. A relevant issue is the application of the topological optimization technique to the design shape of molds channels in injection molding production industry. To date, there is no industrial or open source software that incorporates non-Newtonian flows, multiphase flows, and heat transfer and change of aggregate state phenomena in topological optimization processes.

This paper describes the development of an open-source solver for topology optimization of runners system in molds design. To solve this problem, OpenFOAM (version 9), a free computational fluid dynamics (CFD) software package that has a topological optimization solver and several viscosity models for non-Newtonian fluids that can be modified according to user needs, is used. In OpenFOAM the adjointShapeOptimizationFoam is modified to determine the shape of the runners system with a non-Newtonian fluid flows. The target function is the minimum dissipated power on the path from the inlet to the outlets of the computational domain and obtaining a uniform flow at the outlets. The fluid was assumed to be laminar and a power-law viscosity model was used.

To validate the new code tests were conducted with two-dimensional flows, with a computational domain with one inlet and two outlets, with walls maintained at temperatures below the fluid temperature.

The research was financially supported by the Russian Science Foundation, Project No. 19-79-10205.

Исследование возможности существование метана с помощью методов молекулярного моделирования на спутнике Сатурна

Лазорин Д.С., Правиков Д.И.
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. г. Москва, Россия

Методы Монте-Карло – группа численных методов для изучения случайных процессов. Суть заключается в следующем: явление описывается математической моделью с использованием генератора случайных величин, при котором модель системы многократно рассчитывается, а затем на основе полученных данных вычисляются вероятностные характеристики рассматриваемого процесса. Данные методы могут использоваться для моделирования поверхности спутника Сатурна.

Целью проекта является изучение метановых озер на поверхности Титана с помощью моделирования случайных процессов, используя различные методы сравнения полученных результатов. Первый способ – метод Монте-Карло, второй – метод молекулярной динамики, основанный на расчете траекторий и конечных координат с помощью законов классической механики и электростатики.

Материалы и методы. Суть метода заключается в том, что компьютер определяет координаты молекул через малые промежутки времени, и в конце выдает координаты после n-того шага (n задается в программе) [2]. При этом можно увидеть графическое изображение молекул до и после. Для того, чтобы воспользоваться данными методами необходимо использовать потенциал Леннард-Джонса. Использовалось уравнение Ван-Дер-Ваальса. Это уравнение, которое связывает основные термодинамические величины в модели газа Ван-дер-Ваальса. Существование модели идеального газа, которая хорошо описывает поведение реальных газов при низких давлениях и высоких температурах не подходит для описания системы в других условиях, так как получаемые данные не совпадают с экспериментальными. В отличие от методов молекулярной динамики, в методе Монте-Карло компьютер берёт случайные конфигурации системы: для каждой из них рассчитывается потенциальная энергия. После каждого цикла система сдвигается в сторону равновесного состояния. В конце

рассчитывается средняя потенциальная энергия по ансамблю систем. Данный метод хорошо зарекомендован для конденсированных систем. С помощью данных, полученных в молекулярной динамике, была построена зависимость давления от температуры, и она оказалась линейной. Из коэффициентов, полученных с помощью методов наименьших квадратов, были посчитаны параметры уравнения Ван-дер-Ваальса. Также была построена зависимость давления от объема с помощью полученных ранее данных.

В результате проведения исследования были получены следующие выводы:

1. Получены знания программирования на языке R с использованием его библиотек.

2. Получены модели веществ на молекулярном уровне с помощью программ LAMMPS, VMD, основываясь на методе Монте-Карло и методе молекулярной динамики.

3. Рассчитана энергия и давление метана при различных условиях на спутнике Титане.

4. Получены параметры для термического уравнения состояния метана, которые сошлись с экспериментом.

5. Доказано существование метановых озер на Титане.

Литература:

1. Е.В. Аксенова. Вычислительные методы исследования молекулярной динамики [Текст] / М.С. Кшевецкий. — Санкт-Петербург: СПбГУ, 2009 г. – 30 с.

2. Е.М. Пиотровская. Монте-Карло в статистической термодинамике и физической химии. [Текст] / Е.Н. Бродская. — Москва: Наука, 1977 г. — 228 с.

3. Д. Френкель. Принципы компьютерного моделирования молекулярных систем: от алгоритмов к приложениям. [Текст] / Б. Смит. — Москва: научный мир, 2013 г. — 56 с.

4. Исследования поверхности Титана [Электронный ресурс]: Электрон. текстовые дан. (17 апреля 2014) – Режим доступа: https://nauka.tass.ru/nauka/6815924

Study of the possibility of the existence of methane using molecular modeling methods on the satellite of Saturn

Lazorin D.S., Pravikov D.I.
Gubkin University, Moscow, Russia

Introduction. Monte Carlo Methods – A group of numerical methods for studying stochastic processes. The essence is as follows: the phenomenon is described by a mathematical model using a random variable generator, in which the system model is repeatedly calculated, and then, based on the data obtained, the probabilistic characteristics of the process under consideration are calculated. These methods can be used to simulate the surface of the moon of Saturn.

The aim of the project is to study methane lakes on the surface of Titan by simulating random processes using various methods of comparing the results obtained. The first method is the Monte Carlo method, the second is the molecular dynamics method based on the calculation of trajectories and final coordinates using the laws of classical mechanics and electrostatics.

Materials and methods. The essence of the method is that the computer determines the coordinates of molecules at short intervals, and at the end gives the coordinates after the n-th step [2]. In this case, you can see a graphical representation of molecules before and after. In order to use these methods, it is necessary to use the Lennard-Jones potential. The Van der Waals equation was used. This is the equation that links the basic thermodynamic quantities in the van der Waals gas model. The existence of the ideal gas model, which describes well the behavior of real gases at low pressures and high temperatures, is not suitable for describing the system under other conditions, since the data obtained do not coincide with the experimental ones. Unlike molecular dynamics methods, in the Monte Carlo method, the computer takes random configurations of the system: for each of them, the potential energy is calculated. After each cycle, the system shifts towards the equilibrium state. At the end, the average potential energy for the ensemble of systems is calculated. This method is well recommended for condensed systems. Using the data obtained in molecular dynamics, the dependence of pressure on temperature was plotted, and it turned out to be linear. The parameters of the van der Waals equation were calculated from the coefficients obtained using the least squares method. Also, the dependence of pressure on volume was plotted using the previously obtained data.

Results:

1. Gained knowledge of programming in the R language using its libraries.

2. Models of substances at the molecular level were obtained using the LAMMPS, VMD programs, based on the Monte Carlo method and the molecular dynamics method.

3. Calculated the energy and pressure of methane under various conditions on the Titan satellite.

4. The parameters for the thermal equation of state of methane were obtained, which agreed with the experiment.

5. The existence of methane lakes on Titan has been proven.

References:

1. E.V. Aksenova. Computational methods for studying molecular dynamics [Text] / M.S. Kshevetsky. - St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2009 - 30 p.

2. E.M. Piotrovskaya. Monte Carlo in Statistical Thermodynamics and Physical Chemistry. [Text] / E.N. Brodskaya. - Moscow: Nauka, 1977 - 228 p.

3. D. Frenkel. Principles of Computer Modeling of Molecular Systems: From Algorithms to Applications. [Text] / B. Smith. - Moscow: scientific world, 2013 - 56 p.

4. Research of the surface of Titan [Electronic resource]: Electron. text data. (April 17, 2014) - Access mode: https://nauka.tass.ru/nauka/6815924

О резонансных периодических движениях спутника на слабоэллиптической орбите в случаях целой и полуцелой частот

Логинова О.Р.

МАИ, г. Москва, Россия

Исследуется движение динамически симметричного спутника (твердого тела) относительно центра

масс в центральном ньютоновском гравитационном поле в окрестности его цилиндрической прецессии на слабоэллиптической орбите. Рассматриваются два набора параметров (инерционного параметра и безразмерной частоты), для которых в автономном случае круговой орбиты реализуется кратный параметрический резонанс с целой и полуцелой частотами малых линейных колебаний (значения частот равны 1, 1/2 и 1, 3/2).

Исследование проводится в малой окрестности резонансной точки трехмерного пространства параметров. Методом Депри – Хори построены приближенные (модельные) автономные гамильтонианы различных приближений по малому параметру. Аналитически получены границы областей неустойчивости тривиального равновесия системы (области параметрического резонанса) в виде ряда по степеням малого параметра. Эти области возникают при наличии нулевой частоты в модельной системе первого приближения; они строятся в окрестности двух бифуркационных прямых в плоскости параметров круговой задачи. Проанализировано взаимное положение областей неустойчивости в зависимости от значений параметров задачи.

Решен вопрос о существовании и устойчивости в линейном приближении нетривиальных равновесий модельных систем. Для первой резонансной точки в модельной системе первого приближения имеется до двух пар изолированных нетривиальных равновесий, одна из которых устойчива в линейном приближении в области существования, а другая неустойчива. В системе второго приближения также имеется до двух пар изолированных равновесий, одно из которых всегда неустойчиво, а другое может быть устойчивым и неустойчивым, в зависимости от значений параметров. Для второй резонансной точки в системе первого приближения нет нетривиальных равновесий. В системах второго и третьего приближений имеется до двух пар изолированных нетривиальных равновесий, одна из которых устойчива в линейном приближении, а другая неустойчива. Дана графическая интерпретация полученных результатов.

On resonant periodic motions of a satellite in a weakly elliptical orbit in cases of integer and half-integer frequencies

Loginova O.R.
MAI, Moscow, Russia

The motion of a dynamically symmetric satellite (rigid body) relative to the center is investigated. masses in the central Newtonian gravitational field in the vicinity of its cylindrical precession in a weakly elliptical orbit. Two sets of parameters (inertial parameter and dimensionless frequency) are considered, for which, in the autonomous case of a circular orbit, multiple parametric resonance is realized with integer and half-integer frequencies of small linear oscillations (the frequency values are 1, 1/2 and 1, 3/2).

The study is carried out in a small neighborhood of the resonance point of the three-dimensional space of parameters. Approximate (model) autonomous Hamiltonians of various approximations with respect to a small parameter are constructed by the Deprit - Hori method. The boundaries of the regions of instability of the trivial equilibrium of the system (the region of parametric resonance) are obtained analytically in the form of a series in powers of a small parameter. These regions arise in the presence of zero frequency in the first-approximation model system; they are constructed in the vicinity of two bifurcation lines in the parameter plane of the circular problem. The mutual position of the instability regions is analyzed depending on the values of the problem parameters.

The question of the existence and stability in the linear approximation of nontrivial equilibria of model systems is solved. For the first resonance point in the model system of the first approximation, there are up to two pairs of isolated nontrivial equilibria, one of which is stable in the linear approximation in the region of existence, and the other is unstable. In the system of the second approximation, there are also up to two pairs of isolated equilibria, one of which is always unstable, and the other can be stable and unstable, depending on the values of the parameters. There are no nontrivial equilibria for the second resonance point in the first approximation system. In systems of the second and third approximations, there are up to two pairs of isolated nontrivial equilibria, one of which is stable in the linear approximation, and the other is unstable. A graphic interpretation of the results obtained is given.

Разработка набора данных для тренировки сверточной нейронной сети для идентификации коротких углеродных волокон

Лукьянов О.Е., Куркин Е.И., Эспиноса Барсенас, Куихада Пиокуинто
Самарский университет, г. Самара, Россия

Длина волокон является одним из параметров, необходимых для анализа и прогнозирования механических характеристик короткоармированных композитов. Экспериментальный анализ длины волокна в настоящее время проводится на основе обработке изображений с электронного микроскопа, проводимой часто в ручную. Этот процесс требует длительного анализа снимков, что приводит к сокращению размеров изучаемых выборок.

В данной работе рассматривается вопрос использования нейросетей глубокого обучения для компьютерного зрения, чтобы ускорить оценку удлинения волокон на фотографиях с электронного микроскопа. Основными методами глубокого обучения, используемыми для разработки компьютерного зрения, являются сверточные нейронные сети, архитектура которых улучшается с каждым поколением. Главной особенностью сверточных нейронных сетей является необходимость в очень большом наборе размеченных данных для их обучения. Создание наборов данных изображений и обучение сверточных нейронных сетей - трудоемкие процессы. Для ускорения этих процессов принято использовать наборы данных изображений, созданные для приложений компьютерного зрения. На сегодняшний день не существует набора данных по коротким углеродным волокнам. Одним из способов решения этой проблемы является использование искусственно созданных изображений для замены реальных изображений при обучении.

Виртуальные изображения коротких углеродных волокон созданы в Siemens NX, управляемом через NX Open API. Для имитации коротких волокон на изображении используются автоматически генерируемые цилиндры. Для реалистичной визуализации

волокон длина, направление и пространственное расположение цилиндров задаются случайным образом по распределению Гаусса. Каждому изображению из набора данных ставится в соответствие генерируемый программой текстовый файл, содержащий данные о разметке волокон – координаты углов изображений каждого волокна в пикселях. На каждом изображении сгенерировано 250 волокон. Благодаря тому, что настоящие короткие волокна лежат на обожженной матрице, направление искусственно созданных волокон по осям X и Y подчиняется закону косинуса и синуса, а по Z не меняется. Было создано 100 фотографий волокон размером 1024 x 1024 в пикселях, а также данные об углах изображений волокон, содержащие расположение пикселей в формате .json.

Исследование выполнено финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №19-79-10205.

Developing a dataset for training of a convolutional neural network for the short-carbon fibers identification

Lukyanov O.E., Kurkin E.I., Espinosa Barcenas , Quijada P.J.
Samara University, Samara, Russia

Fiber length is one of the parameters needed to analyze and predict the mechanical characteristic of short-reinforced composites. Experimental analysis of fiber length is currently based on electron microscope image processing, often carried out manually. This process requires a long analysis of the images, which leads to a reduction in the size of the samples studied.

This work examines the use of deep learning neural networks for computer vision to accelerate the estimation of fiber elongation in electron microscope images. The main deep learning methods used for computer vision development are convolutional neural networks, the architecture of which is improving with each generation. The main feature of convolutional neural networks is the need for a very large set of partitioned data to train them. Creating image datasets and training convolutional neural networks are time consuming processes. It is common to use image datasets created for computer vision applications to accelerate these processes. To date, there is no data set for short carbon fibers. One way to solve this problem is to use artificially created images to replace real images in training.

Virtual images of short carbon fibers are created in Siemens NX, controlled via the NX Open API. Automatically generated cylinders are used to simulate short fibers at the image. For a realistic visualization of the fibers the length, direction, and origin of the cylinders are set randomly according to the Gaussian distribution. Each image from the dataset is matched with a program-generated text file containing data on the markup of the fibers - the coordinates of the image corners of each fiber in pixels. Nearly 250 fibers were created in every cylinder's generation. Due to the real short-fibers lay down on the burned matrix, the direction of the artificial created fibers along X and Y axis respond to a cosine and sine law, while along Z does not change. 100 pictures of the fibers were created following a size of 1024 x 1024 in pixels as well as the data of the fibers' corners, containing the location of the pixels in a .json format.

The study was financially supported by the Russian Science Foundation, project No. 19-79-10205.

Нелинейный анализ орбитальной устойчивости малых колебаний симметричного твердого тела с неподвижной точкой в однородном поле тяжести

Максимов Б.А., Бардин Б.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается движение твердого тела с одной неподвижной точкой в однородном поле тяжести. Предполагается, что тело является динамически симметричным и его главные моменты инерции относительно неподвижной точки находятся в отношении 1:1:4. В силу динамической симметрии всегда существуют движения, при которых тело совершает маятниковые колебания относительно главной оси эллипсоида инерции, расположенной в его экваториальной плоскости. Такие движения неустойчивы по Ляпунову, однако представляет собой интерес задача об их орбитальной устойчивости. Данная задача исследовалась ранее в

интегрируемом случае Горячева-Чаплыгина, когда центр масс лежит в экваториальной плоскости эллипсоида инерции [1-3].

В данной работе никаких ограничений на положение центра масс тела не накладывается. В этом случае в задаче имеется два параметра. Первый параметр определяет положение центра масс и представляет собой угол между радиус-вектором центра масс и экваториальной плоскостью эллипсоида инерции, второй параметр – амплитуда колебаний. Целью настоящей работы является исследование орбитальной устойчивости маятниковых колебаний при малых значениях амплитуды.

Поскольку в исследуемой задаче имеется малый параметр, то анализ орбитальной устойчивости можно провести аналитически с помощью метода нормальных форм и теории КАМ. С этой целью уравнения движения были записаны в гамильтоновой форме. При помощи методики работы [4] в окрестности невозмущенного периодического движения были введены локальные координаты, и задача об орбитальной устойчивости маятниковых колебаний была сведена к задаче об устойчивости положения равновесия системы второго порядка с периодическими коэффициентами. Далее методом Депри-Хори была построена линейная каноническая замена переменных, приводящая квадратичную часть функции Гамильтона к нормальной форме. На основе анализа нормализованной линейной системы были получены выводы об орбитальной устойчивости в линейном приближении и аналитически построены области параметрического резонанса, внутри которых колебания орбитально неустойчивы. Для значений параметров вне областей параметрического резонанса методом Депри-Хори была вычислена нормальная форма функции Гамильтона до членов четвертой степени. Это позволило применить теоремы теории КАМ и сделать строгие выводы об орбитальной устойчивости. В частности, установлено, что вне областей параметрического резонанса маятниковые колебания почти всюду орбитально устойчивы. Исключение может составить лишь множество значений параметров меры нуль, отвечающее случаю вырождения, когда для исследования устойчивости требуется учитывать члены разложения функции Гамильтона до шестой степени включительно.

Литература:

1. Маркеев А.П. О тождественном резонансе в одном частном случае задачи об устойчивости периодических движений твердого тела // Изв. РАН. МТТ. 2003. №3. С. 32-37.

2. Маркеев А.П. О маятникообразных движениях твердого тела в случае Горячева-Чаплыгина // Прикладная математика и механика, том 68, вып 2, С. 282-293

3. Бардин Б.С. К задаче об устойчивости маятникообразных движений твердого тела в случае Горячева-Чаплыгина // Изв. РАН. МТТ. 2007. №2. С. 14-21.

4. B.S. Bardin On a method of introducing local coordinates in the problem of the orbital stability // Russian Journal of nonlinear dynamics, 2020, 16(4),581-594

Nonlinear analysis of the orbital stability of small oscillations of a symmetric rigid body with a fixed point in a uniform gravity field

Maksimov B.A., Bardin B.S.

MAI, Moscow, Russia

The motion of a rigid body with one fixed point in a uniform gravity field is considered. It is assumed that the body is dynamically symmetric and its main moments of inertia relative to a fixed point are in a ratio of 1: 1: 4. Due to dynamic symmetry, there are always motions in which the body performs pendulum oscillations relative to the main axis of the ellipsoid of inertia located in its equatorial plane. Such motions are unstable according to Lyapunov, but the problem of their orbital stability is of interest. This problem was studied earlier in the integrable case of Goryachev-Chaplygin, when the center of mass lies in the equatorial plane of the ellipsoid of inertia [1-3].

In this work, no restrictions are imposed on the position of the center of mass of the body. In this case, the problem has two parameters. The first parameter determines the position of the center of mass and is the angle between the position vector of the center of mass and the equatorial plane of the ellipsoid of inertia, the second parameter is the amplitude of oscillations. The aim of this work is to study the orbital stability of pendulum oscillations at small values of the amplitude.

Since the problem under study has a small parameter, the analysis of orbital stability can be carried out analytically using the method of normal forms and the KAM theory. For this purpose, the equations of motion were written in Hamiltonian form. Using the methodology of [4], local coordinates were introduced in the neighborhood of unperturbed periodic motion, and the problem of orbital stability of pendulum oscillations was reduced to the problem of stability of the equilibrium position of a second-order system with periodic coefficients. Hence, by the Depri-Hori method, a linear canonical change of variables was constructed, which reduces the quadratic part of the Hamilton function to normal form. Based on the analysis of the normalized linear system, the regions of parametric resonance, inside which the oscillations are orbitally unstable, were analytically constructed. For the values of the parameters outside the regions of parametric resonance, the Depri-Hori method was used to calculate the normal form of the Hamiltonian function up to terms of the fourth degree. This made it possible to apply theorems of the KAM theory and draw rigorous conclusions about orbital stability. In particular, it was found that outside the regions of parametric resonance, pendulum oscillations are orbitally stable almost everywhere. The only exception can be the set of values of the parameters of measure zero, which corresponds to the case, when, in order to study stability, it is necessary to take into account the terms of the expansion of the Hamiltonian function up to the sixth power, inclusive.

References:

1. Markeev A.P., On the Identical Resonance in a Particular Case of the Problem of the Stability of Periodic Motions of a Rigid Body // Izv. RAS. MTT. 2003. No. 3. pp. 32-37.

2. Markeev A.P., On pendulum-like motions of a rigid body in the Goryachev-Chaplygin case // Applied Mathematics and Mechanics, Volume 68, Issue 2, pp. 282-293.

3. Bardin B.S., On the problem of stability of pendulum-like motions of a rigid body in the Goryachev-Chaplygin case // Izv. RAS. MTT. 2007. No. 2. pp. 14-21.

4. Bardin B.S., On a method of introducing local coordinates in the problem of the orbital stability // Russian Journal of nonlinear dynamics, 2020, 16(4), pp. 581-594.

Оценка влияния расчёта сопряжённого теплообмена частей камеры сгорания на характеристики течения

Митрофанова Ю.А.

АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, Россия

Трехмерный расчёт течения многокомпонентного однофазного реагирующего потока в камере сгорания (КС) газотурбинного двигателя является довольно ресурсозатратной задачей. Что бы уменьшить временные и вычислительные затраты, расчёты производится без учёта теплового состояния деталей КС (расчёта сопряжённого теплообмена). В настоящей работе проводится оценка влияния расчёта сопряжённого теплообмена на характеристики течения потока в КС.

Для описания течения многокомпонентного однофазного реагирующего потока была принята система балансовых уравнений Навье-Стокса. Подходом для описания турбулентности было выбрано осреднение по Фавру и Рейнольдсу, после осреднения система балансовых уравнений замыкалась низкорейнольдсовой SST моделью турбулентности. Горение моделировалось комбинированной EDM/FRC моделью.

Перед расчётом теплового состояния был проведён ряд газодинамических расчётов с разными размерами пристеночных ячеек, для обеспечения среднего y+ равным единице.

Количество элементов в расчётной сетке для расчёта сопряжённого теплообмена увеличилось на 15% в сравнении с сеткой без учёта теплового состояния. Время расчёта возросло в два раза.

Разница значений осреднённой температуры на выходе из камеры сгорания не превысила полпроцента. Максимальная температура в расчёте с учётом теплового состояния снизилась на 5%. Максимальное отклонение значений средней неравномерности поля температуры на выходе из газосборника составило 4.77%. Разница в концентрациях оксида азота на выходе из КС составила 15%.

По результатам расчётов можно сделать следующие выводы:

• Для задач, целью которых является определение образования вредных веществ, необходима дополнительная настройка математической модели.

• Для задач, целью которых является определение неравномерности поля температуры на выходе из КС, возможно использование моделей без учёта теплового состояния.

Evaluation of the calculation of the conjugate heat exchange effect of the combustion chamber parts on the flow characteristics

Mitrofanova Y.A.
UEC-Aviadvigatel JSC, Perm, Russia

Three-dimensional calculation of the multicomponent single-phase reactive flow in the combustion chamber (CC) of a gas turbine engine is a rather resource-intensive task. In order to reduce time and computational costs, calculations are made without taking into account the thermal state of the CC parts (CHT-calculation). In this report, the influence of the calculation of conjugate heat transfer on the characteristics of the flow in a combustion chamber was estimated. To describe the flow of a multicomponent single-phase reacting flow, a system of balance Navier-Stokes equations was adopted. The Favre and Reynolds averaging was chosen as the approach for describing turbulence; after averaging, the system of balance equations was closed by the low-Reynolds SST turbulence model. Combustion was simulated by a combined EDM / FRC model.

Before calculating the thermal state, a number of gas-dynamic calculations were made with different sizes of wall cells to ensure the average y+ equal to one. The number of elements in the computational grid for calculating conjugate heat transfer increased by 15% in comparison with the grid without taking into account the thermal state. The calculation time has doubled.

The difference in the values of the average temperature at the exit from the combustion chamber did not exceed half a percent. The maximum temperature calculated taking into account the thermal state has decreased by 5%. The maximum deviation of the values of the average non-uniformity of the temperature field at the outlet from the gas collector was 4.77%. The difference in the concentrations of nitrogen oxide at the outlet of the CC was 15%.

Based on the calculation results, the following conclusions can be drawn:

• For tasks whose purpose is to determine the formation of harmful substances, additional adjustment of the mathematical model is necessary.

• For tasks, the purpose of which is to determine the non-uniformity of the temperature field at the outlet from the combustion chamber, it is possible to use models without taking into account the thermal state.

В работе проанализировано влияние расчёта сопряжённого теплообмена стенок жаровой трубы и газосборника на характеристики течения многокомпонентного однофазного реагирующего потока в камере сгорания газотурбинного двигателя.

The paper analyzes the effect of calculating the conjugate heat exchange of the walls of the flame tube and gas collector on the flow characteristics of a multicomponent single-phase reacting flow in the combustion chamber of a gas turbine engine.

Оптимальное планирование использования ресурса парка летательных аппаратов

Науменко А.Г., Артёмов А.Д., Митрофанов С.Ю.
ПАО «Корпорация «Иркут», г. Москва, Россия

По решаемым задачам и сроку действия выделяются три этапа планирования использования ресурса парка ЛА: стратегическое планирование; тактическое планирование; оперативное управление. Главной задачей стратегического планирования является наработка ЛА, обеспечивающая загрузку авиаремонтных заводов. Тактическое планирование основывается на результатах стратегического планирования и проводится в течение года. Оперативное управление осуществляется в течение лётной смены и предусматривает оптимальное использование ресурса ЛА за смену.

Задача календарного планирования – задача распределения во времени ресурсов по заданиям, при котором достигает экстремума целевая функция – минимум суммы штрафов, определяемых отклонениями сроков выполнения заданий от директивных. Методы решения

стохастических и плохо формализуемых задач отличаются синтезом объектов моделирования в два этапа: без учёта случайных воздействий и с учётом случайных факторов и других реальных свойств.

В первом случае решается задача оптимального планирования – выбору подлежат плановые задания. Для решения задачи нелинейного программирования большой размерности наиболее эффективны методы множителей. В результате решается последовательность задач поиска безусловного минимума модифицированной функции Лагранжа, определяющих директивные значения управленческих переменных – оптимальное использование ресурса парка ЛА на каждый месяц года.

Во втором случае решается задача оптимального управления – выбору подлежат режимные параметры, обеспечивающие в реальных условиях экстремум целевой функции. Характерным для эвристических методов календарного планирования является то, что при решении отыскивается приемлемый план; появляется “управление”, осуществляемое в реальном масштабе времени по отношению к периоду планирования.

Имитационные модели (ИМ) имеют дело с множеством траекторий, описывающих возможные варианты функционирования системы во времени. При этом в ИМ моделируется возможность системы оперативно регулировать процесс эксплуатации – распределять ресурсы по заданиям.

Представленная ИМ процесса эксплуатации ЛА построена в рамках дискретного подхода, ориентированного на активности. Принятие оперативно-управленческих решений в ИМ реализовано следующим образом: в оперативном цикле использования ЛА приоритет их выделения на предстоящую лётную смену определяется текущей наработкой; при выполнении подготовок к полётам для группы ЛА, участвующих в лётной смене, решается задача о назначениях (метод Мака): с учётом планируемого к выполнению в лётную смену набора типовых полётных упражнений (ТПУ) минимизируется сумма квадратов отклонений предстоящей наработки каждого ЛА от директивной. В течение лётной смены возможно переназначение ТПУ.

В результате принятия управленческих условно-фактических решений формируется план – приемлемое использование ресурса парка ЛА, обеспеченное информационной увязкой и моделью эксплуатации, из которой всё вытекает.

Optimal planning of the aircraft fleet resource use

Naumenko A.G., Artemov A.D., Mitrofanov S.Yu.
Irkut Corporation, Moscow, Russia

According to the tasks to be solved and the validity period, there are three stages of the aircraft fleet resource use planning: strategic planning; tactical planning; operational control. The main task of strategic planning is aircraft operating time, which ensures the aircraft repair plants loading. Tactical planning is based on the results of strategic planning and is carried out throughout the year. Operational control is carried out during the flight shift and provides for the optimal use of the aircraft resource per shift.

The scheduling problem is the problem of distributing resources in time for tasks, at which the objective function reaches an extremum – the minimum amount of penalties determined by deviations of the tasks timing from the directive. Methods for solving stochastic and poorly formalized problems are differ by the synthesis of modeling objects in two stages: without taking into account random influences and taking into account random factors and other real properties.

In the first case, the problem of optimal planning is solved – planning tasks are subject to selection. For solving the problem of nonlinear programming of large dimension, multiplier methods are most effective. As a result, the sequence of problems of finding the unconditional minimum of the modified Lagrange function is solved, which determine the directive values of the control variables – the optimal use of the aircraft fleet resource for each month of the year.

In the second case, the problem of optimal control is solved – the choice is made for the operating parameters that provide the extremum of the objective function in real conditions. A characteristic of

scheduling heuristic methods is that the solution finds an acceptable plan; “control” appears, which is carried out in real time in relation to the planning period.

Simulation models (SM) deal with a set of trajectories that describe possible options for the functioning of the system in time. At the same time, the SM simulates the ability of the system to quickly regulate the operation process – to distribute resources according to tasks.

The presented aircraft operation process SM is built in terms of a discrete activity-oriented approach. The adoption of operational and managerial decisions in the SM is implemented as follows: in the operational cycle of aircraft use, the priority of their participation for the upcoming flight shift is determined by the current operating time; when preparing for flights for a group of aircraft participating in the flight shift, the assignment problem is solved (Mack's method): taking into account the set of typical flight exercises (TFE) planned to be performed during the flight shift, the sum of the squares of deviations of the forthcoming operating time of each aircraft from the directive is minimized. During the flight shift, TFE reassignment is possible.

As a result of making managerial conditional-factual decisions, a plan is formed – an acceptable use of the resource of the aircraft fleet, provided with an information link and an operation model from which everything follows.

Математическая модель гидросистемы и бустера для изучения динамики бустера

Николаев А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время при испытаниях летательного аппарата не проводятся испытания для определения шарнирных моментов управляющих аэродинамических поверхностей летательного аппарата. Поскольку считается , что запас мощности гидросистемы позволяет преодолевать любые шарнирные моменты возникающее в полете на управляющих аэродинамических поверхностях. Но не всегда это так.

Поэтому появилась необходимость моделирования бустера для изучения его динамический характеристик, в частности частотных характеристик. Поскольку шарнирные моменты возникающие на аэродинамический поверхностях определяют величину усилий бустера. Было проведено изучения влияние различных характеристик на динамические характеристики бустера . Построены зависимости динамических характеристик бустера от частоты входного сигнала(воздействия).

Математическая модель считается максимально приближенной к реальности, поскольку использует не передаточные функции для расчета, а уравнения, которые описывают физические процессы. Отклонение от реальности, заключается только в том, что математическая модель не учитывает золотник.

В качестве изменяемых характеристик были выбраны : сила трения, давление в гидросистеме, момент инерции поверхности.

Данная математическая модель написана на языке программирования C++ с использованием среды разработки Embracadero C++ Builder.

В дальнейшем математическая модель может быть включена в математическую модель летательного аппарата, для совместного проведения исследований на математической модели летательного аппарата.

Mathematical model of hydraulic system and booster for booster dynamics analysis

Nikolaev A.S.
MAI, Moscow, Russia

Currently, when testing an aircraft, tests are not carried out to determine the hinge moments of the control aerodynamic surfaces of the aircraft. Since it is believed that the power reserve of the hydraulic system allows to overcome any hinge moments arising in flight on the control aerodynamic surfaces. But this is not always the case.

Therefore, it became necessary to model the booster to study its dynamic characteristics, in particular frequency characteristics. Since the hinge moments arising on the aerodynamic surfaces determine the magnitude of the booster forces. The influence of various characteristics on the

dynamic characteristics of the booster was studied . The dependences of the dynamic characteristics of the booster on the frequency of the input signal (impact) are constructed.

The mathematical model is considered to be as close to reality as possible, since it uses not transfer functions for calculation, but equations that describe physical processes. The deviation from reality is only that the mathematical model does not take into account the spool.

The following characteristics were selected as variable: friction force, pressure in the hydraulic system, moment of inertia of the surface.

This mathematical model is written in the C++ programming language using the Embracadero C++ Builder development environment.

In the future, the mathematical model can be included in the mathematical model of the aircraft, for joint research on the mathematical model of the aircraft.

Определение оптимального режима сплавления порошкового материала

Олейник М.А.

Самарский университет, г. Самара, Россия

На сегодняшний день в промышленности, особенно в аэрокосмической отрасли, все чаще используются аддитивные технологии, позволяющие получать заготовки деталей сложной формы, которые невозможно получить при помощи только лишь механической обработки.

Аддитивные лазерные технологии подразделяются на селективное лазерное сплавление и прямое лазерное сплавление (ПЛС), которые активно применяются в производстве компонентов авиационных двигателей. Несмотря на большое количество исследований в сфере аддитивного производства и наличия положительного опыта в этой области, потенциал этой технологии реализован не полностью. Основными направлениями развития аддитивных технологий являются повышение производительности, точности и повторяемости печати деталей.

Технология прямого лазерного выращивания позволяет получать крупногабаритные детали из труднообрабатываемых жаропрочных сталей. В этом случае изделие формируется путем подачи газопорошковой струи в зону сплавления.

Процесс лазерного сплавления является достаточно теплонапряженным, при неверном режиме сплавления выращенные заготовки становятся негодными из-за наличия в них таких дефектов как пористость, трещины, спаи, снижающие механические свойства материала. На появление этих дефектов большую роль играет мощность лазерного излучения, подводимая в зону сплавления. Если ее недостаточно, то частицы не успевают сплавиться между собой и образовывают поры и спаи. Если подводимая энергия превышает допустимый уровень, то в заготовке накапливаются высокие значения остаточных напряжений, приводящие к возникновению трещин, к тому же при повышенной температуре наплавочный валик растекается и не образует заданную высоту.

Для определения оптимального режима при ПЛС в эксперименте использовался порошок жаропрочного сплава на никелевой основе ХН50ВМТЮБ с фракцией 40-150 мкм. В экспериментах варьировались такие параметры как боковой шаг сплавления S (интервал значений от 1,4 мм до 1,6 мм), скорость наплавки V (интервал значений от 1200 мм/мин до 1500 мм/мин) и мощность излучения P (интервал значений от 1000 Вт до 1870 Вт).

При сплавлении образцов из жаропрочного сплава на никелевой основе ХН50ВМТЮБ, согласно разработанной модели, максимальная прочность достигается при S = 1,6 мм, V = 1200 мм/мин, P = 1000 Вт. В этом случае предел прочности составил 1010 МПа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по теме: «Организация высокотехнологичного производства индустриальных ГТД с интеллектуальной системой конструкторско-технологической подготовки для повышения функциональных характеристик» (Соглашение о предоставлении гранта № 075-11-2021-042 от 24.06.2021 г.)

Determination of the optimal powder material deposition mode

Oleynik M.A.
Samara University, Samara, Russia

Today in industry, especially in the aerospace industry, additive technologies are increasingly used to produce workpieces with complex shapes that cannot be obtained using only mechanical processing.

Additive laser technologies are subdivided into selective laser melting and direct metal deposition (DMD), which are actively used in the production of aircraft engine components. Despite the large amount of research in the field of additive manufacturing and the presence of positive experience in this area, the potential of this technology has not been fully realized. The main directions of development of additive technologies – increasing productivity, accuracy and repeatability of growing parts.

DMD technology makes it possible to obtain large-sized parts from difficult-to-machine heat-resistant steels. In this case, the workpiece is formed by feeding a gas-powder jet into the melting zone.

The DMD is quite heat-stressed process; with an incorrect deposition mode, grown workpieces become unusable due to the presence of such defects as porosity, cracks, seals in them, which reduce the mechanical properties of the material. The laser power supplied to the melting zone plays an important role in the appearance of these defects. If energy is not enough, then the particles do not have time to merge and form pores and seals. If the supplied energy exceeds the permissible level, then high values of residual stresses accumulate in the workpiece, which leads to the appearance of cracks, moreover, at an elevated temperature, the surfacing bead spreads out and does not form a predetermined height.

In order to determine the optimal mode for the DMD in the experiment, we used a powder of a heat-resistant alloy on a nickel basis HN50VMTYuB with a fraction of 40-150 μm. The experiments varied such parameters as the lateral deposition step S (range of values from 1.4 mm to 1.6 mm), deposition speed V (range of values from 1200 mm / min to 1500 mm / min), and laser power P (range of values from 1000 W to 1870 W).

For growing samples from a heat-resistant nickel-based alloy HN50VMTYUB, according to the developed model, the maximum strength is achieved at S = 1.6 mm, V = 1200 mm / min, P = 1000 W. In this case, the ultimate strength was 1010 MPa.

Применение метода главных компонент при распознавании углеводородов

Осипова Т.В., Иванов И.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Традиционные методы анализа химических процессов (например, анализ состава воздушной среды) не обеспечивает раннее обнаружение и уверенное распознавание возможных нарушений. Актуальной технической задачей является совершенствование этих методов распознавания газов в областях аэрокосмического и промышленного производства.

При проведении анализа состава воздушной среды используются мультисенсорные системы, состоящие из наборов сенсоров газов. Такие системы являются дорогостоящими и сложность их заключается в последующей обработке большого количества данных. В настоящей работе были исследованы отклики термокаталитических сенсоров [1], которые имеют специфическую S-образную зависимость отклика от нагревающего напряжения. Для различных газов характер изменения S-образной зависимости имеет особенности на протяжении диапазона напряжений от 0 до 4 В. Было предположено, что обработка данных методом главных компонент (МГК) позволит определить состав анализируемого газа.

Была применена методика измерения откликов сенсоров, описанная в работе [2], которая позволила получить экспериментальные зависимости отклика системы, состоящей из трех сенсоров, от приложенного к мостовой схеме напряжения питания для углеводородов (пропан, бутан, гексан, метан, этилен) и водорода. Было установлено, что характер изменения отклика сенсора различен, что позволяет распознать, какой газ воздействует на систему, а

также зависимости имеют одинаковый характер изменения отклика для одного типа анализируемого газа.

Во многих случаях количество сенсоров в системе превышает 3, что увеличивает количество исследуемых образцов газа [3]. При анализе большого количества данных чаще всего используют статистические методы обработки данных, такие как МГК [4].

Обработка исходных данных реализована средствами языка python 3.9.5 с использованием библиотек numpy v1.20.3, pandas 1.2.4, sklearn 0.0. С помощью МГК был проведен анализ полученных наборов образцов газа. После обработки каждого набора были получены две главные компоненты (ГК). Для каждой выбранной компоненты была рассчитана объясненная дисперсия. Было получено, что на первую ГК приходится 90.202%, на вторую – 5.885%. Таким образом, полученные компоненты объясняли ~96% набора образцов. Если эта доля достигает 95% и более, то считается, что компоненты адекватно описывают корреляционные связи в процессе.

Было показано, что зависимость первой ГК от второй ГК образует области локализации откликов сенсоров на разные газы. Области локализации различны, что позволяет распознать, какой газ воздействует на систему, а также распределены вдоль первой ГК, что связано с максимальным значением отклика сенсора. Было получено, что наибольший разброс между точками у водорода, что связано с разбросом значений исходного массива данных между тремя сенсорами (примерно ±10 мВ).

Литература:

1. Лашков А.В. и др. Термокаталитический мультисенсорный чип // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. №9 (158).

2. Иванов И.И., Баранов А.М. и др. Разработка эффективных сенсоров обнаружения довзрывоопасных концентраций H2 // Научное приборостроение, 2021, том 31, № 3, с. 25–36.

3. Сысоев В.В., Зюрюкин Ю.А. Мультисенсорные системы распознавания газов типа «Электронный нос»: краткий обзор литературы // Вестник СГТУ. 2007. №2.

4. Кравченко Е.И. и др. Разработка методики распознавания образцов газовых смесей с помощью мультисенсорной системы мониторинга // Инженерный вестник Дона, том 23, № 4-2, 2012, стр. 5.

Application of the principal component analysis in the recognition of hydrocarbons

Osipova T.V., Ivanov I.I.

MAI, Moscow, Russia

Traditional methods of analyzing chemical processes (for example, analysis of the air environment composition) don’t provide early detection and confident recognition of possible violations. The urgent technical task is the improvement of gas recognition methods in the fields of aerospace and industrial production.

Multi-sensor systems, consisting of gas sensor sets, are used in analyzing the air environment composition. Such systems are expensive and their complexity is in the processing of a large amount of data. In this work, the responses of thermocatalytic sensors [1], which have a specific S-shaped dependence of the response on the heating voltage, were researched. For various gases the change nature of the S-shaped dependence has features over the voltage range from 0 to 4 V. It was assumed that data processing by the principal component analysis (PCA) would allow determining the composition of the analyzed gas.

The method of measuring sensor responses described in [2] was applied, which allowed to get experimental dependences of the response of a system consisting of three sensors on the applied bridge circuit supply voltage for hydrocarbons (propane, butane, hexane, methane, ethylene) and hydrogen. It was found that the change nature of the sensor response is different, which makes it possible to recognize what gas affects the system, and the dependencies have the same nature of the response change for one type of analyzed gas.

The number of sensors in the system often exceeds 3, which increases the number of gas samples studied [3]. Statistical methods of data processing, such as the PCA, in analyzing a large amount of data, are most often used [4].

The processing of the source data was realized with python 3.9.5 and numpy 1.20.3, pandas 1.2.4, sklearn 0.0 libraries. The analysis of the gas samples sets was carried out using the PCA. After processing of each set, two main components (MC) were received. The explained variance was calculated for each selected component. It was found that the first MC accounts for 90.202%, the second MC – 5.885%. The components explained ~96% of the sample set. If this proportion reaches 95%, it is considered that the components adequately describe the correlations in the process.

It has been shown that the dependence of the first MC on the second MC forms areas of localization of sensor responses to different gases. The localization areas are different, which makes it possible to recognize which gas affects the system, and are also distributed along the first MC, which is associated with the maximum value of the sensor response. It was found that hydrogen has the greatest spread between the points, which is due to the spread of the values of the initial data array between the three sensors (approximately ± 10 mV).

References:

1. Lashkov A.V. et al. Thermocatalytic multisensory chip // Izvestiya SFedU. Engineering sciences. 2014. №9 (158).

2. Ivanov I.I., Baranov A.M. et al. Development of effective sensors for detecting pre-explosive H2 concentrations. // Nauchnoe priborostroenie, 2021, Vol. 31, №3, pp. 25-36.

3. Sysoev V.V., Zyuryukin Yu.A. Multisensory systems for recognizing gases of the «Electronic nose» type: a brief review of the literature // Vestnik Saratov state technical university. 2007. №2.

4. Kravchenko E.I. et al. Development of a technique for recognizing samples of gas mixtures using a multisensory monitoring system // Engineering journal of Don, Vol. 23, №4-2, 2012, p. 5.

Устойчивость тороцилиндрической оболочки с жидкостью при действии внутреннего давления

Пак Сонги, Григорьев В.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Развитие и совершенствование науки и техники повышают требования к современным конструкциям. Упругие конструкции с элементами в виде оболочек, содержащих жидкость во внутренних полостях, широко используются в различных отраслях, например, машиностроения, промышленного строительства, кораблестроения, авиационной и ракетно-космической техники. В частности, в ракетно-космической техники топливный бак, конструктивно представляющий собой осесимметричную оболочку, составляет часть корпуса большинства ракеты.

Задача о колебаниях тонкостенных осесимметричных оболочек с жидкостью является одним из важных этапов проектирования для исследования устойчивости конструкций. Динамические характеристики оболочек (собственные частоты и формы колебаний) можно определить границы области устойчивости.

Целью данной работы является исследование статической устойчивости осесимметричных оболочечных конструкций, содержащих жидкость, при действии внутреннего давления.

В данной работе предполагается, что тороцилиндрическая оболочка, заполненная жидкостью, находится под внутренним давлением. Тороцилиндрическая оболочка – это оболочка, которая состоит из цилиндра с полусферическими днищами. При этом жидкость идеальная и несжимаемая, на конструкцию воздействует внутреннее давление. Для решения задачи используется метод конечных элементов.

В результате исследования динамических характеристик позволяет получить критическое значение нагрузки (давление) и принять меры для устранения неустойчивости конструкции.

Для расчета собственных частот и форм колебаний конструкций можно применить программу в системе Visual Basic for Applications (VBA) в среде Excel.

Stability of toro-cylindrical shell containing liquid under internal pressure

Park SongYi , Grigoriev V.G.
MAI, Moscow, Russia

The development and improvement of science and technology increase the requirements for modern structures. Elastic structures with elements in the form of shells containing liquid in internal cavities are widely used in various industries, for example, mechanical engineering, industrial construction, shipbuilding, aviation and, rocket and space technology. Especially in rocket and space technology, the fuel tank, which is structurally an axisymmetric shell, takes up most of the rocket body.

The problem of vibrations of thin-walled axisymmetric shell containing liquid is one of the important design stages for the stability. The dynamic characteristics of the shells can be determined by the boundaries of the stability region.

This work aimed to study the static stability of axisymmetric shell structures containing liquid under the internal pressure.

In this study, it is assumed that a toro-cylindrical shell filled with liquid is under internal pressure. A torocylindrical shell is a shell that consists of a cylinder with hemispherical bottoms. At this time, the liquid is ideal and incompressible, the internal pressure is applied on the structure. The finite element method is used to solve the problem.

In result of the dynamic characteristics study, it is possible to obtain a critical value of the load (pressure) and take measures to eliminate the instability of the structure. To calculate the natural frequencies and vibration modes of structures, can use the program in the Visual Basic for Applications (VBA) system in the Excel.

О динамической устойчивости осесимметричных оболочек с жидкостью в условиях статического нагружения

Пак Сонги, Григорьев В.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Осесимметричные оболочечные конструкции с полостями, частично или полностью заполненными жидкостью, широко используются в различных отраслях, таких как машиностроение, строительство сооружений и другое, а именно авиа- и ракетостроение. В соответствии с развитием и совершенствованием авиационной и ракетной промышленности, со второй половины XX века началась интенсивная разработка динамики колебаний упругих оболочек, содержащих жидкость. Проблема динамической устойчивости стала привлекать особое внимание исследователей. Динамические характеристики этих конструкций представляют собой один из важных для устойчивости в условиях эксплуатаций. С помощью современной вычислительной техники эффективно получается решение данной задачи упругих систем, включающих сложную конструкцию с жидкостью. Для расчета динамических характеристик многими учеными разрабатывался программный комплекс на основе метода конечных элементов.

Целью данной работы является исследование динамической устойчивости тонкостенных осесимметричных упругих оболочечных конструкций, полости которых содержат жидкость. В качестве примера рассматривается цилиндрическая оболочка с жидкостью. Предполагается, что оболочка находится под действием статического нагружения, жидкость идеальная и несжимаемая.

В результате расчета динамических характеристик получаются критические значения, определяющие области устойчивости и неустойчивости колебаний оболочки. Статическая нагрузка повлияет на собственную частоту, следовательно, можно сравнивать динамические характеристики без нагрузки и с нагрузкой.

Dynamic stability of axisymmetric shells with liquid under static loading conditions

Park SongYi, Grigoriev V.G.
MAI, Moscow, Russia

Axisymmetric shell structures with cavities partially or completely filled with liquid are widely used in various industries, such as mechanical engineering, construction of structures and others, specifically aircraft and rocket engineering. With the development and improvement of the aviation and rocket industry, since the second half of the XX century, intensive development of the vibration dynamics of elastic shells containing liquid has begun. The problem of dynamic stability began to attract special attention of researchers. The dynamic characteristics of these structures are one of the most important for stability in operating conditions. With the assistance of modern computing technology, the solution of this problem of elastic systems including a complex structure with a liquid is effectively obtained. To calculate the dynamic characteristics, many scientists have developed software systems based on the finite element method.

The purpose of this work is to study the dynamic stability of thin-walled axisymmetric elastic shell structures, the cavities of which contain liquid. As an example, a cylindrical shell with a liquid is considered. It is assumed that the shell is under static loading, the liquid is ideal and incompressible.

In the result of calculating the dynamic characteristics, critical values are obtained that determine the areas of stability and instability of the shell vibrations. The static load will affect the natural frequency, therefore it is possible to compare the dynamic characteristics without load and with load.

Применение биоинспирированных методов оптимизации в задаче оптимального программного управления солнечным парусом

Пантелеев А.В., Беляков И.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящей статье рассматривается применение группы метаэвристичеких алгоритмов для решения задачи оптимального программного терминального управления перспективным космическим летательным аппаратом (КЛА) – солнечным парусом. Задача заключается в поиске оптимального управления для межпланетной миссии перехода с орбиты Земли на орбиту Меркурия за минимальное время. В качестве применяемых методов оптимизации используются два биоинспирированных алгоритма с использованием роевого интеллекта.

Рассматриваемая прикладная задача относится к классу задач оптимального управления, в которых поведение нелинейной детерминированной непрерывной модели объекта управления описывается системой дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями и нефиксированным моментом окончания процесса управления. Предполагается, что при управлении используется информация только о времени, т.е. система управления является разомкнутой по состоянию и применяется программное управление. Качество управления отдельной траекторией оценивается величиной функционала. Ставится задача минимизации функционала на множестве допустимых процессов, т.е. множестве пар, образованных траекторией и управлением, удовлетворяющих дифференциальному уравнению модели, начальному условию, ограничениям на управление.

Приближенное решение ищется в виде функции насыщения, гарантирующей выполнение ограничений на управление параллелепипедного вида. Аргументы функции находятся в виде линейной комбинации заданных базисных функций. Поскольку момент окончания явно не задан, в данной статье применяется метод введения новой независимой переменной, связанной с текущим временем. Для нахождения коэффициентов разложения базисной функции насыщения, а также для нахождения длин отрезков разбиения времени, используются следующие биоинспирированные методы оптимизации: метод поведения стаи серых волков (Grey Wolf Optimizer), метод поведения стаи горбатых китов (Whale Optimization Algorithm). Механизм работы данных алгоритмов основан на использовании информации о положении особей. Процесс поиска решения происходит итеративно, в ходе каждой итерации новое положение индивидов (решений), основывается на информации о лучших представителях популяции. В начале работы алгоритма используется предположение о

равномерном распределении особей со случайно сгенерированными координатами в пределах заданных ограничений.

Разработано программное обеспечение для численного решения задачи оптимального программного управления солнечным парусом. Проведено сравнение полученных результатов с уже известными решениями. Это позволило выявить наиболее эффективный алгоритм. Сформулированы рекомендации по выбору параметров алгоритмов. Полученные результаты расчетов подтвердили возможность получения достаточно хорошего решения за приемлемое время исследуемыми алгоритмами.

Application of the bio-inspired optimization methods in the solar sail optimal open-loop control problem

Panteleev A.V., Belyakov I.A.
MAI, Moscow, Russia

This article discusses application of a metaheuristic algorithms group, which solves problem of finding optimal loop-open control. Optimal control needs to manipulate space probe – solar sail. The task is considering in finding optimal control for solar system mission flight from the Earth's orbit to the Mercury's orbit in the shortest possible time. Two bio-inspired algorithms with swarm intelligence are used as applied optimization methods.

The considered applied problem belongs to the class of optimal control problems in which the behavior of a nonlinear deterministic continuous model of a control plant is described by a system of differential equations with given initial conditions and a non-fixed terminal time. It is assumed that only time information is available during control, i.e. the open-loop control is used. Value of the functional estimates the quality of the trajectory control. The problem is posed of minimizing the functional on the set of admissible processes, i.e. the set of pairs formed by the trajectory and control that satisfy the differential equation of the model, the initial condition and control constraints.

Numerical solution is found in the form of saturation function, which guarantees fulfillment of parallelepiped control constraints. Function arguments are finding in the linear combination of given base functions. Since terminal moment is undefined, this article applies method, which introduces new independent variable, related with time. There are used bio-inspired optimization methods: Grey Wolf Optimizer and Whale Optimization Algorithm to find control function coefficients and time intervals. The principle of operation bases on information about the best population individuals. Searching process occurs iterative, during each iteration a new position of individual (possible solution) bases on information about the best representatives of the population. At the start of the algorithm, uses assumption about uniform distribution with random generated coordinates within constraints.

Software was created for numerical solution solar sail open-loop control problem. Comparison with known results was provided. This allows finding out the most effective algorithm. Recommendations for optimal algorithm parameters were formulated. The obtained calculation results confirmed the possibility of searching a sufficiently good solution in a reasonable time by the algorithms under consideration.

Применение метаэвристического алгоритма стаи окуней в задачах поиска оптимального управления дискретными детерминированными системами

Пантелеев А.В., Колесса А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается применение метаэвристического алгоритма, имитирующего поведение стаи окуней, в задаче поиска оптимального программного управления детерминированными дискретными динамическими системами.

Поведение модели объекта управления описывается разностным уравнением состояния, начальное состояние задано. Предполагается, что при управлении используется информация только о дискретном времени, т.е. применяется программное управление. Ставится задача минимизации функционала качества управления отдельной траекторией на множестве

допустимых процессов, т.е. на множестве пар, образованных траекторией и ограниченным управлением, удовлетворяющих уравнениям состояния и начальным условиям.

Для решения задачи применяется алгоритм поиска глобального экстремума, имитирующий поведение стаи окуней, относящийся к методам роевого интеллекта. Начальная популяция создается из окуней (решений) со случайно сгенерированным набором координат (значений координат вектора управления) из заданного промежутка, определяемого ограничениями на управление.

Популяция делится на стаи, в каждой из которых определяется лидер. В стаях реализуются окуневые котлы, в которых происходит движение окуней к своему лидеру с запоминанием лучшего положения, и находятся новые лидеры стай. Среди лидеров находятся абсолютный лидер (вожак) и самый слабый. В стае с вожаком реализуется котел, в котором исследуется область, занимаемая стаей, и находится новый вожак. Стая с самым слабым лидером перемещается в другую область множества допустимых решений, используя распределение Леви, а затем реализуется котел, находится новый лидер. Остальные стаи плывут к текущему вожаку, занимая в результате свою наилучшую позицию. Вожак помещается в бассейн. Начинается новая глобальная итерация до достижения их заданного числа.

На заключительном шаге заданное число раз в бассейне выбираются три окуня, реализующих операцию перекоммутации, бассейн пополняется новым решением. Затем в бассейне ищется наилучший окунь – приближенное решение поставленной задачи.

На основе предложенного алгоритма, имитирующего поведение стаи окуней, сформировано программное обеспечение решения задачи поиска оптимального программного управления дискретными системами. Оно апробировано на нескольких модельных примерах, даны рекомендации по выбору параметров алгоритма. Полученные результаты расчетов подтвердили возможность получения достаточно хорошего решения за приемлемое время.

Application of the metaheuristic perch flock algorithm in problems of searching for optimal control of discrete deterministic systems

Panteleev A.V., Kolessa A.A.
MAI, Moscow, Russia

The application of metaheuristic algorithm that mimics the behavior of perches' flocks in the problem of searching the optimal open loop control of deterministic discrete dynamic systems is considered.

A behavior of a plant is described by a system of difference equations, initial state is given. It is supposed that information about discrete time only is being used for the control, i.e. the open loop control is being used. The posed problem is to minimize the cost functional of control for a separate trajectory on the set of admissible processes, i.e. on the set of pairs formed by a trajectory and bounded control, satisfying the plant equations and initial conditions.

The algorithm for finding the global extremum, which mimics the behavior of perches' flock, is being used to solve the problem. An initial population is created from perches (solutions) with a randomly generated set of coordinates (values of coordinates of the control vector) from a given interval determined by control constraints.

The population is divided into flocks, in each flock a leader is determined. In these flocks perch boilers are implemented: perches are moving to leaders of their flock remembering the best position, after new leaders of flocks are determined. Among leaders an absolute leader (Guide) and the poorest leader are determined. In Guide's flock the boiler is implemented: the area occupied by the flock is being explored, new Guide is determined. Flock with the poorest leader is moved to another range of admissible solutions using Levy distribution, the boiler is implemented, new leader is determined. Flocks with other leaders are moving to a current Guide, resulting in their best position. Guide is being placed in a Pool. A new global iteration begins until the specified number of iterations is reached.

At the final step, in the Pool three perches are selected (for a given number of times) for a path-relinking process, Pool is replenished with one more solution. After the best perch is looked for in the Pool – he is an approximate solution to the problem.

On the basis of the proposed algorithm that imitates the behavior of flocks of perches, the software for solving the problem of searching for optimal open loop control of discrete deterministic systems has been developed. It has been tested on several model examples; recommendations for choosing algorithm's parameters are given. The obtained results confirmed the possibility of obtaining a fairly good solution in a reasonable time.

Анализ моделей низкоорбитальной системы на базе простейшего и марковского модулированного потоков

Пичугин С.Б.
РКК «Энергия», г. Королёв, Россия

Исследуется перспективная низкоорбитальная спутниковая система связи, обеспечивающая высокоскоростную связь и передачу данных по единым трактам (абонентским и межспутниковым) для различных типов абонентов, с зонированием поверхности Земли по числу спутников-ретрансляторов с функцией маршрутизации (СРФМ) с коммутацией абонентских сообщений на борту СРФМ и с хранением абонентских баз данных на наземных станциях, позволяющая приблизить спутниковые системы связи по конкурентоспособности к наземным системам.

В связи с тем, что единые аппаратно-программные средства перспективной системы используются для совместной передачи разнообразной мультимедийной информации, модели с простейшими потоками для исследования данной системы дают существенную погрешность.

Это связано с тем, что в простейшем потоке интенсивность поступления заявок на обслуживающий прибор от времени не зависит и обозначается L. Кроме того, в такой модели поступление какой-либо заявки на прибор не влияет на поступление прочих заявок. В реальности, в межспутниковом тракте СРФМ, поступления заявок оказываются взаимосвязанными (эта взаимосвязь отражается коэффициентом корреляции), а интенсивность поступления заявок зависит от времени и её обозначают L(t). Насколько часто во времени изменяется интенсивность L (t) потока отражает коэффициент вариации.

Проведена оценка указанной погрешности с учётом того, что коэффициент вариации отличается от 1, а коэффициент корреляции отличается от 0.

Для оценки использовались модели межспутникового тракта на базе систем массового обслуживания (СМО) с простейшим и марковским модулированным потоками (Modulated Markov Poisson Process, MMPP).

В сравнение вошли показатели вероятностей занятости межспутникового тракта, полученные для СМО с простейшим потоком заявок и экспоненциальном распределении времени их обслуживания, а также для СМО с MMPP–потоком при значениях вероятности нахождения в занятом состоянии в момент поступления заявки от 0,003 до 0,5.

Проведенные расчёты позволили получить зависимости для стационарного распределения вероятности числа занятых трактов в модели с MMPP –потоком для трактов СРФМ и сравнить их с аналогичными показателями для модели СРФМ как СМО с простейшим потоком заявок.

По полученным зависимостям была рассчитана поправка для модели СМО с простейшим потоком, учитывающая неидеальность последнего и обусловленная взаимосвязанностью поступления абонентских сообщений и вариацией интенсивности их поступления от времени. На практике это означает, что при заданном значении пропускной способности абонентского тракта, скорость передачи в межспутниковом тракте и частота, рассчитанные с помощью модели СМО с простейшим потоком, должны быть скорректированы на величину предложенной поправки.

Литература:

1. Пичугин, С.Б. Абонентские и межспутниковые тракты в низкоорбитальных сетях связи // Журнал Радиопромышленность. 2019. Т. 29, № 3, стр. 48-55.

2. Пичугин С. Б. «Модели массового обслуживания с простейшими потоками для низкоорбитальной спутниковой системы» //Сборник тезисов XLV Академических чтений посвящённых памяти С.П. Королёва («Королёвские чтения»). – М: МГТУ им. Баумана, 2021.

– Том 3 – с. 29–33. Электронный ресурс. – Режим доступа URL: http://korolevspace.ru/sites/default/files/uploads/Part_3_2021.pdf (дата обращения 14.09.2021).

Analysis of low earth orbit communications system models based on simple and on Markov modulated flows

Pichugin S.B.
RSC "Energia", Korolev, Russia

A prospective Low Earth Orbit Communications System is investigated, the one which provides high speed data exchange and voice communications over uniform links (subscriber and intersatellite) for various types of subscribers, using Earth surface zoning as per number of its RSRFs (Relay Satellite with Routing Functionality). These RSRFs can switch subscriber messages on their boards while subscriber data is to be stored at ground stations. The system can narrow the gap in the competition between satellite and ground communications systems [1].

As for uniform software and hardware are used for joint transmission of various multimedia information, models with simple flows do not provide proper accuracy and their errors tend to be essential.

This is due to the fact that intensity rate in the simple flow, arriving to serving unit, is invariable over time and can be manifested as constant L. Besides, in the model, a request arriving to serving unit has no influence on arrivals of other requests. But in reality, in the intersatellite link of RSRF request arrivals are interdependent (this is expressed by correlation ratio), and intensity rate vary over time and is manifested as function L(t). The variation of L(t) can be expressed by variation ratio.

The error of the model with simple flow was evaluated taking into account that variation ratio differs from 1 and correlation ratio differs from 0.

Models of intersatellite link were used based on queueing systems (QS) with simple [2] and Markov Modulated Poisson Process (MMPP).

Compared were indexes of probabilities of intersatellite link busy state received from QS with simple request flow and from QS with MMPP-flow at busy state probability in moment of request arrival varied from 0.003 to 0.5.

Calculations made allowed receiving dependencies for stationary distribution of busy links probability in QS model with MMPP-flow and compare them against the ones for QS model with simple flow.

Based on the dependencies received an adjustment was calculated for QS model with simple flow. The adjustment counts non-ideal nature of the flow resulted from interdependency of arrivals of subscriber messages and from intensity variation of their arrivals in timeframes. Practically this means that at pre-set baud rate of the subscriber link, baud rate of and bandwidth of the intersatellite link have to be increased as per the adjustment proposed.

References:

1. Pichugin S. Subscriber and Inter-Satellite Paths in LEO Communications Networks // Radio Industry, Vol 29, No 3 (2019), https://doi.org/10.21778/2413-9599-2019-29-3

2. Pichugin S. Queuing Models with simple flows for LEO Communications Network //

Abstracts of XLV Korolev Academic Space Conference, 2021. – Vol. 3 – pp. 29–33. http://korolevspace.ru/sites/default/files/uploads/Part_3_2021.pdf

О движении тела вверх по наклонной шероховатой плоскости посредством перемещения внутренней массы

Рачков А.А., Бардин Б.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается механическая система, состоящая из твердого тела и точечной массы, совершающей движение внутри тела по окружности, центр которой совпадает с центром масс тела. Тело находится на наклонной шероховатой плоскости, а относительное движение внутренней массы происходит в вертикальной плоскости с постоянной угловой скоростью кругового движения. В области контакта тела с опорной плоскостью действуют силы сухого

кулонова трения. За счет перемещения внутренней массы и под действием силы тяжести тело может совершать поступательное прямолинейное движение по наклонной плоскости.

В работах [1,2,3,4] рассматривалось движение данной механической системы по горизонтальной шероховатой плоскости. В частности, в [1] был выполнен полный качественный анализ движения тела как в случае сухого, так и в случае вязкого трения. В случае анизотропного сухого трения в [4] были исследованы периодические режимы движения.

В данной работе были получены условия существования периодических режимов движения тела в зависимости от угла наклона опорной плоскости, а также исследован вопрос о возможности движения тела вверх по наклонной плоскости посредством перемещения внутренней массы. Установлено, что за один оборот внутренней массы по окружности тело либо соскальзывает вниз по наклонной плоскости, либо может переместиться вверх по наклонной плоскости, либо может совершать возвратно поступательное движение с нулевым перемещением. Результаты исследования представлены в виде диаграммы, на которой указаны различные области значений параметров задачи, соответствующие указанным выше типам движения.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) за счет гранта Российского научного фонда (проекта № 19-11-00116).

Литература:

1. Бардин Б.С., Панёв А.С О поступательном прямолинейном движении твердого тела, несущего подвижную внутреннюю массу // Современная математика. Фундаментальные направления. 2019, Т. 65, №4, С. 557-592.

2. Bardin B.S., PanevA.S. On the Motion of a Body with a Moving Internal Mass on a Rough Horizontal Plane // Rus. J. Nonlin. Dyn., 2018, Vol. 14, no. 4, pp. 519-542.

3. Bardin B.S., Panev A.S. On dynamics of a rigid body moving on a horizontal plane by means of motion of an internal particle // Vibroengineering PROCEDIA, 2016, Vol. 8. pp 135-141.

4. Boris S Bardin and Alexey A Rachkov 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1959 012005.

On dynamics of a rigid body moving on a inclined plane by means of motion of an internal particle

Rachkov A.A., Bardin B.S.

MAI, Moscow, Russia

We consider a mechanical system consisting of a solid body and a point mass moving inside the body along a circle, the center of which coincides with the center of mass of the body. The body is on an inclined rough plane, and the relative motion of the internal mass occurs in a vertical plane with a constant angular velocity of circular motion. Dry Coulomb friction forces act in the area of contact of the body with the reference plane. Due to the movement of the internal mass and under the influence of gravity, the body can make a translational rectilinear motion along an inclined plane.

In the works [1,2,3,4] the motion of this mechanical system along a horizontal rough plane was considered. In particular, in [1] a complete qualitative analysis of body motion was performed in both the case of dry and viscous friction. In the case of anisotropic dry friction in [4], periodic modes of motion were investigated.

In this work, the conditions for the existence of periodic modes of motion of the body depending on the angle of inclination of the reference plane were obtained, and the question of the possibility of moving the body up the inclined plane by moving the internal mass was investigated. It is established that in one revolution of the internal mass along the circle, the body either slides down an inclined plane, or can move up an inclined plane, or can perform reciprocating motion with zero displacement. The results of the study are presented in the form of a diagram showing various areas of values of the task parameters corresponding to the above types of movement.

The work was carried out under the grant of the Russian Scientific Foundation (project No 19-11-00116) at Moscow Aviation Institute (National Research University).

References:

1. Бардин Б.С., Панёв А.С О поступательном прямолинейном движении твердого тела, несущего подвижную внутреннюю массу // Современная математика. Фундаментальные направления. 2019, Т. 65, №4, С. 557-592.
2. Bardin B.S., PanevA.S. On the Motion of a Body with a Moving Internal Mass on a Rough Horizontal Plane // Rus. J. Nonlin. Dyn., 2018, Vol. 14, no. 4, pp. 519-542.
3. Bardin B.S., Panev A.S. On dynamics of a rigid body moving on a horizontal plane by means of motion of an internal particle // Vibroengineering PROCEDIA, 2016, Vol. 8. pp 135-141.
4. Boris S. Bardin and Alexey A Rachkov 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1959 012005.

Модельная задача удерживания космического аппарата с солнечным парусом около треугольной точки либрации гантелевидного или двойного астероида

Родников А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Для реализации некоторых современных космических миссий могут потребоваться исследовательские аппараты, длительное время удерживаемые вблизи поверхности малых планет. Если при этом малая планета имеет гантелевидную форму, то космический аппарат может быть помещен в одну из точек либрации, то есть в положение относительного равновесия в системе отсчета, связанной с осями прецессии и собственного вращения этой малой планеты. Аналогичная ситуация возникает для космического аппарата, предназначенного для изучения двойных астероидов. Однако, если малая планета или двойной астероид образованы телами с близкими массами, то их точки либрации, как правило, неустойчивы.

В настоящем сообщении изучается возможность удерживания космического аппарата с солнечным парусом в окрестности неустойчивой треугольной точки либрации только силой солнечной радиации. Рассматривается ситуация, когда во все время движения направление нормали к солнечному парусу остается неизменным в орбитальной системе отсчета, определяемой гелиоцентрической орбитой центра масс гантелевидной малой планеты или двойного астероида, то есть остаются неизменными угол между нормалью к солнечному парусу и плоскостью эклиптики и угол между той же нормалью и направлением солнечных лучей. Уравнения движения выводятся в рамках предположений Обобщенной ограниченной круговой задачи трех тел В.В.Белецкого, но с учетом фотогравитационного влияния Солнца. Устанавливается существование многообразия таких начальных условий, при которых возможен выбор направления нормали к поверхности солнечного паруса, гарантирующий ограниченность движения космического аппарата в системе отсчета, связанной с точкой либрации. При этом размерность такого многообразия совпадает с размерностью фазового пространства задачи, а сама точка либрации принадлежит его границе. Кроме того, формулируются некоторые предложения по стабилизации движения аппарата при движениях, начинающихся из этого многобразия.

A model problem of keeping a spacecraft with a solar sail near the triangular libration point of a dumbbell-shaped or binary asteroid

Rodnikov A.V.
MAI, Moscow, Russia

To realize some modern space missions near of minor planets, the long life research spacecraft may be required. If, in this case, the minor planet has a dumbbell shape then such spacecraft can be placed in one of the libration points that are relative equilibrium points with respect to the axes of the minor planet own revolution and precession. A similar situation arises for a spacecraft designed to study binary asteroids. However, if a minor planet or a binary asteroid is formed by bodies with close masses, then their libration points are unstable for majority cases.

In this paper, the possibility of keeping a spacecraft with a solar sail near an unstable triangular libration point of a minor planet or a binary asteroid is studied under assumption that only the gravitation and the solar radiation influence the spacecraft motion. We consider the case when the direction of the solar sail normal remains immovable with respect to the orbital frame of reference

determined by the heliocentric orbit of the mass center of the system under consideration. This means that the angles between the normal and ecliptic and between the normal and the Sun rays are don't change. The motion equations are deduced under assumptions of V.V.Beletsky's Generalized Restricted Circular Three bodies, but taking into account the photo-gravitational influence of the Sun. We establish the existence of a manifold of such initial conditions for which it is possible to choose the direction of the normal to of the solar sail, which guarantees the spacecraft bounded motion in the frame of reference associated with the libration point. Moreover, the dimension of such a manifold coincides with the dimension of the phase space of the problem, at that the libration point belongs to the manifold boundary. In addition, some proposals for the spacecraft motions stabilization are formulated for trajectories that begin in the manifold

Моделирование работы солнечных батарей орбитального модуля «Наука» в ходе автономного полета

Самыловский И.А., Сазонов В.В., Беляков Н.В.
МГУ, г. Москва, Россия

Доклад посвящен моделированию работы солнечных батарей массивного космического аппарата (модуля "Наука" Международной космической станции) в ходе автономного полета, в том числе в ходе режимов неуправляемого вращательного движения (закрутки на Солнце). Целью моделирования является как собственно прогноз выработки, так и исследование устойчивости режима закрутки в зависимости от выбранной модели возмущений. Задача, таким образом, является комплексной, и включает как минимум следующие аспекты:

• Моделирование возмущенного поступательного и вращательного движения космического аппарата.

• Моделирование затенения поверхности солнечных батарей и выработки электроэнергии.

• Анализ "маркеров устойчивости закрутки", в первую очередь угла между нормалью к поверхности солнечных батарей и направлением на Солнце.

Инструментом моделирования является разрабатываемая на факультете космических исследований МГУ имени М.В. Ломоносова интерактивная среда моделирования космических миссий MIDE, предоставляющая функциональность по компоновке виртуального мира из объектов, движущихся в выбранных системах координат в соответствии с заданными моделями, а также по формированию и анализу отчетов об эволюции свойств объектов с течением времени.

В докладе приводятся примеры расчетов, проводившихся в ходе выведения модуля "Наука". Предполагается, что полученный опыт может быть применен в задачах комплексного моделирования работы систем космических аппаратов в ходе различных режимов работы и при наличии воздействия различных факторов космического пространства.

"Nauka" orbital module solar arrays operation modeling during an autonomous flight

Samylovskiy I.A., Sazonov V.V, Belyakov N.V.
MSU, Moscow, Russia

The report is devoted to modeling the operation of solar panels of a massive spacecraft ("Nauka" ("Science") module of the International Space Station) during an autonomous flight, including during the modes of uncontrolled rotational motion (spin in the Sun). The purpose of the simulation is both the actual production forecast and the study of the stability of the spin mode depending on the selected perturbation model. The task, therefore, is complex, and includes at least the following aspects:

• Simulation of the perturbed translational and rotational motion of the spacecraft.

• Modeling of shading of the surface of solar panels and power generation.

• Analysis of "spin stability markers", primarily the angle between the normal to the surface of solar panels and the direction to the Sun.

The modeling tool is the space missions interactive simulation environment MIDE, developed at the Faculty of Space Research of Lomonosov Moscow State University, which provides functionality for the layout of the virtual world from objects moving in selected coordinate systems in accordance

with specified models, as well as for the formation and analysis of reports on the evolution of object properties over time.

The report provides examples of calculations carried out during the withdrawal of the "Nauka" module. It is assumed that the experience gained can be applied in the tasks of complex modeling of the operation of spacecraft systems during various operating modes and in the presence of the influence of various factors of outer space.

Флаттер пластины со смешанными граничными условиями

[1]Селиванов И.А., [2]Алгазин С.Д.
[1]МГУ, [2]ИПМ РАН, г. Москва, Россия

При проектировании современных летательных аппаратов особое внимание всегда уделяется флаттеру, как одному из основных явлений аэроупругости. Для этого проводятся численное моделирование и физические эксперименты. Подробно об истории возникновения и различных путях решения проблемы флаттера можно прочитать в [1].

Прямоугольные ортотропные пластинки часто применяются конструкциях летательных аппаратов, а следовательно, изучение проблем флаттера пластин и рассмотрение новых постановок задачи остаётся актуальной задачей.

В настоящее время численному исследованию флаттера пластинок посвящаются как отечественные [2], так и зарубежные работы [3] и диссертации [4]. В них зачастую делается акцент на углубление в определенные аспекты проблемы или на построение универсальных интерполяционных формул, удовлетворяющих любым комбинациям граничных условий в классической постановке [5].

Ранее авторами решалась задача о свободных колебаниях пластинки с различными граничными условиями [6], [7]. В настоящей работе рассматривается флаттер пластины со смешанными граничными условиями в постановке, позволяющей учитывать произвольное направление вектора набегающего потока [8]. Для решения поставленной задачи разработан программный комплекс, позволяющий рассчитывать критическую скорость флаттера и построить соответствующую ей собственную форму.

Не менее важным является также вопрос определения зависимостей критической скорости флаттера от различных параметров задачи. При помощи таких зависимостей, при условии, что подобраны необходимые коэффициенты, возможно быстро и с высокой точностью получать критическую скоростью без необходимости проводить весь расчет. Предложенная авторами аналитическая формула для зависимости критической скорости флаттера от направления вектора потока позволяет, подобрав константы, быстро и с высокой точностью получать критическую скорость без необходимости выполнять моделирование всей задачи.

Работа выполнена по теме государственного задания. Проект № АААА-А20-120011690132-4.

Литература:

1. Аэроупругость // под ред. П.Г. Карклэ. М.: Инновационное машиностроение, 2019. 652 с.

2. Папков С.О. Флаттер защемленной ортотропной прямоугольной пластины // Вычислительная механика сплошных сред. 2017. Т. 10, № 4. С. 361–374.

3. Белубекян М.В., Мартиросян С.Р. О флаттере упругой прямоугольной пластинки, обтекаемой сверхзвуковым потоком газа, набегающим на её свободный край. Известия национальной академии наук Армении, 2014. Вып. 67, № 2. С. 14 – 44.

4. M. Alder. Einfluss turbulenter Grenzschichten auf die aeroelastische Stabilität dünnwandiger Schalen // zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation, 2020. 190 S.

5. Eisenberger M., Deutsch A. Solution of thin rectangular plate vibrations for all combinations of boundary conditions // Journal of Sound and Vibration, 452, 2019. P. 1 — 12.

6. Алгазин С.Д., Селиванов И.А. Колебания ортотропной защемленной прямоугольной пластины. М.: Научный вестник ГосНИИ ГА, 2020. № 31. С. 140 – 148.

7. Алгазин С.Д., Селиванов И.А. Задача о собственных колебаниях прямоугольной пластины со смешанными краевыми условиями. М.: ПМТФ, 2021. Т. 62, № 2. С. 70 – 76.

8. Ильюшин А.А., Кийко И.А. Новая постановка задачи о флаттере пологой оболочки // Прикл. матем. и механ. 1994. № 58. вып. 3. С. 167–171.

A flutter of a plate with mixed boundary conditions

[1]Selivanov I.A., [2]Algazin S.D.
[1]MSU, [2]IPM RAS, Moscow, Russia

When designing modern aircraft, special attention is always paid to flutter, as one of the main phenomena of aeroelasticity. To do this, numerical modeling and physical experiments are carried out. You can read more about the history of the occurrence and various ways to solve the flutter problem in [1].

Rectangular orthotropic plates are often used in aircraft designs, and therefore, the study of plate flutter problems and consideration of new problem statements remains an urgent task.

Currently, both domestic [2] and foreign works [3] and dissertations [4] are devoted to the numerical study of the flutter of plates. They often focus on deepening into certain aspects of the problem or on constructing universal interpolation formulas that satisfy any combination of boundary conditions in the classical formulation [5].

Previously, the authors solved the problem of free vibrations of a plate with different boundary conditions [6], [7]. In this paper, the flutter of a plate with mixed boundary conditions is considered in a formulation that allows taking into account an arbitrary direction of the incoming flow vector [8]. To solve this problem, a software package has been developed that allows calculating the critical flutter velocity and constructing its shape corresponding to it.

Equally important is the issue of determining the dependencies of the critical flutter velocity on various parameters of the problem. With the help of such dependencies, provided that the necessary coefficients are selected, it is possible to obtain a critical speed quickly and with high accuracy without having to carry out the entire calculation. The analytical formula proposed by the authors for the dependence of the critical flutter velocity on the direction of the flow vector allows, by selecting constants, to quickly and with high accuracy obtain the critical velocity without having to perform modeling of the entire task.

Предельные параметры проникания в песчаный грунт в лагранжевой и эйлеровой постановках

[1]Сопин С.В., [1]Качурина Е.С., [2]Дяченко И.А.
[1]ННГУ им. Н.И. Лобачевского; [2]ООО «Газпром Проектирование»,
г. Нижний Новгород, Россия

Исследование процессов взаимодействия твердого тела с высокоинтенсивным потоком сопротивляющейся среды представляет сложную задачу, требующую серьезной теоретической и экспериментальной базы, а также методологии численных расчетов данных задач. На основе численных результатов упрощаются как проведение экспериментальных работ, так и теоретических исследований. Численные оценки, наиболее адекватно описывающие процесс проникания твердого тела в грунт, требуют определенной подготовки математических моделей, выражающейся в ряде мер, к примеру, таких как подбор характера конечно-элементного разбиения модели, выбор постановки задачи, начальные параметры и т.д.

В данной работе рассмотрена методика определения области искомых значений давления на поверхности ударника при проникании, путем численного моделирования эксперимента по высокоскоростному прониканию конического ударника в песчаный грунт, помещенный в цилиндрический контейнер. Задача решалась в эйлеровой и лагранжевой постановках с двумя предельными условиями задания грунтовой среды: контейнер из абсолютно жесткого материала и грунт со свободными границами без контейнера.

В процессе расчетов обнаружено влияние характера конечно-элементного разбиения расчетной области грунтовой среды в эйлеровой постановке, выраженное в значительном расхождении значений давления на начальном участке погружения ударника в грунт при различных условиях задания грунтовой среды, чего не выявлено в лагранжевой постановке.

Установлено, что в эйлеровой постановке конечно-элементное разбиение расчетной области грунтовой среды должно быть регулярным, ориентированным радиально к центру среды, форма ячеек должна максимально соответствовать правильному многограннику.

Установлено влияние контейнера на значения давления, обусловленное переотражением волн давления при проникании ударника (выражено подрастанием давления на участке его движения в грунте после полного погружения). Соотношение радиальных габаритов ударника и контейнера, при котором влияние контейнера на значения давления утрачивается, составляет 1:14.

По результатам расчетов получены временные зависимости предельных значений давления (минимум и максимум), представляющих собой интервал (область определения) значений давления, ожидаемых при проведении эксперимента по проникании конического ударника в песчаный грунт. Данный подход позволил оценивать параметры проникания, допуская некоторые неточности в учете свойств материала контейнера в условиях высокой динамичности.

Limiting parameters of penetration into sandy soil in the Lagrangian and Euler formulations

[1]Sopin S.V., [1]Kachurina E.S., [2]Dyachenko I.A.

[1]Lobachevsky University, [2]Gazprom Proektirovanie, LLC, Nizhny Novgorod, Russia

Investigation of the processes of interaction of a rigid body with a high-intensity flow of a resisting medium is a complex task that requires a serious theoretical and experimental base, as well as a methodology for numerical calculations of these problems. On the basis of numerical results, both experimental work and theoretical research are simplified. Numerical estimates, which most adequately describe the process of penetration of a solid body into the soil, require a certain preparation of mathematical models, expressed in a number of measures, for example, such as the selection of the nature of the finite element partition of the model, the choice of the formulation of the problem, the initial parameters.

In this paper, a method is considered for determining the area of target pressure values on the surface of the impactor during penetration by numerically simulating an experiment on the rapid penetration of a conical impactor into a sandy soil placed in a cylindrical container. The problem was solved in the Euler and Lagrangian formulations with two limiting conditions for specifying a soil medium: a container made of absolutely rigid material and a soil with free boundaries without a container.

The calculations revealed the influence of the nature of the finite element partitioning of the computational domain of the soil medium in the Euler formulation, expressed in a significant discrepancy in the pressure values at the initial section of the immersion of the striker into the soil under different conditions of setting the soil medium, which was not revealed in the Lagrangian formulation. It was found that in the Euler formulation the finite element partition of the computational domain of the soil medium should be regular, oriented radially to the center of the medium, the shape of the cells should correspond as much as possible to a regular polyhedron.

The influence of the container on the pressure values is determined, due to the re-reflection of pressure waves during the penetration of the striker (expressed by the increase in pressure in the section of its movement in the ground after complete immersion). The ratio of the radial dimensions of the striker and the container, at which the effect of the container on the pressure values is lost, is 1:14.

As a result of calculations, the time dependences of the limiting pressure values (minimum and maximum) were obtained, which is the interval of pressure values expected during the experiment on the penetration of a conical projectile into sandy soil. This approach made it possible to estimate the parameters of penetration, allowing for some inaccuracies in taking into account the properties of the container material under conditions of high dynamism.

Применение бессеточного метода для численного моделирования сверхзвукового обтекания затупленных тел

Способин А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Известны различные подходы к численному решению систем уравнений Эйлера и Навье-Стокса [1], описывающих движение невязкого и вязкого газа соответственно. Наиболее развитыми, пожалуй, являются методы конечных разностей, конечных элементов и конечных объемов.

Используемый в настоящей работе бессеточный метод [2, 3], в отличие от метода конечных объемов, не разделяет расчётную область на вычислительные ячейки, а использует конечное множество точек в пространстве для представления параметров сплошной среды. Вычисление частных производных по пространству в расчётных узлах осуществляется посредством аппроксимации методом наименьших квадратов. Данный подход используется при расчёте конвективных и вязких, в случае уравнений Навье-Стокса, потоков.

В ходе реализации и верификации метода были опробованы различные схемы расчёта конвективных потоков. Для решения уравнений Эйлера хорошие результаты показала относительно простая в реализации схема Хартена-Лакса-ван Лира (HLL), при этом она позволяет получить качественные теневые картины течения, поля давления и числа Маха. При расчёте вязких течений ключевое внимание уделялось корректному расчёту газовых параметров внутри пограничного слоя вблизи обтекаемой поверхности, и, как следствие, величине конвективного теплового потока от газа к телу. Лучшую точность расчёта теплового потока даёт использование схем AUSMPW+ и HLLC. Реконструкция векторов консервативных переменных осуществляется схемой MUSCL с ограничителем van Albada. Интегрирование системы уравнений по времени осуществляется явным методом Рунге-Кутты третьего порядка точности. Метод наименьших квадратов также используется для аппроксимации частых производных в граничных условиях Неймана на поверхности преграды.

Для верификации метода и разработанного программного обеспечения проводилось численное моделирование обтекания сферы сверхзвуковым потоком воздуха. Полученные расчётным путём параметры газа в ударном слое практически совпадают с эталонными данными [4], положение головной ударной волны, тепловой поток в критической точке и его распределение по поверхности хорошо согласуются с известными приближённо-аналитическим выражениями.

Бессеточный метод дает возможность с приемлемой точностью рассчитывать течение газа в областях со сложной геометрией, при этом проще в реализации по сравнению с методом конечных объемов, поскольку не требует генерации высококачественной вычислительной решетки. Он позволяет задавать анизотропное распределение узлов в пространстве, что очень важно для качественного разрешения пограничного слоя вблизи обтекаемой поверхности с одной стороны и экономии вычислительных ресурсов с другой.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0013

1. Молчанов А.М. Математическое моделирование задач газодинамики и тепломассообмена // М.: изд-во МАИ, 2013, 206 с.

2. Y. Wang, X. Cai, M. Zhang, X. Ma, D. Ren, J. Tan The study of the three-Dimensional meshless solver based on AUSM+-up and MUSCL scheme // Proceedings of the 2015 International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation.

3. Hashemi M. Y., Jahangirian A. Implicit fully mesh-less method for compressible viscous flow calculations // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2011, No. 235, pp. 4687-4700.

4. Любимов А. Н., Русанов В. В. Течение газа около тупых тел: в 2 ч., ч. 1. // М.: изд-во Наука, 1970, 287 с.

Meshless method application for numerical simulation of supersonic flow around blunt bodies

Sposobin A.V.
MAI, Moscow, Russia

There are various methods for the numerical solution of the systems of Euler and Navier-Stokes equations [1] for the inviscid and viscous gas flow, respectively. The most advanced are the finite differences, finite elements and finite volumes methods.

The meshless method used in this paper [2, 3], in contrast to the finite volume method, does not divide the computational domain into computational cells, but uses a finite set of points in space to represent the parameters of the gas flow. The spatial derivatives are approximated by the least square method. This approach is used to calculate both convective and viscous fluxes.

Various schemes for the calculation of convective fluxes has been tested during the implementation and verification of the meshless method. The relatively easy-to-implement Harten-Lax-van Leer scheme has shown good results in numerical solving the system of Euler equations. It allows one to obtain high-quality shadow patterns of the flow, pressure field, and Mach number. When calculating viscous flows, key attention was paid to the correct calculation of the gas parameters inside the boundary layer near the streamlined surface and the convective heat flux from the gas to the body surface. The best accuracy in calculating the heat flux is obtained by using the AUSMPW + and HLLC schemes. The MUSCL reconstruction scheme with Van Albada limiter is used to achieve high order accuracy. The explicit three-stage Runge-Kutta method is used in this study. The least squares method is also used to approximate the partial derivatives in the Neumann boundary conditions on the body surface.

To verify the meshless method and the developed software, numerical simulation of the supersonic air flow around the sphere has been carried out. The calculated parameters of the gas flow in the shock layer almost coincide with the reference data [4]. The shock front curve, heat flux at the critical point and its distribution over the surface are in good agreement with the known approximate analytical expressions.

The meshless method makes it possible to calculate with good accuracy the gas flow in regions with complex geometry, while being easier to implement than the finite volume method, since it does not require the generation of a high-quality computational mesh. It allows you to specify the anisotropic distribution of nodes in space, which is very important for the high-quality resolving the boundary layer near the streamlined surface on the one hand and saving computational resources on the other.

The research was carried out within the framework of the state assignment issued by the Ministry of Education and Science of Russia, project number FSFF-2020-0013

1. A. M. Molchanov Mathematical Modeling of Problems of Gas Dynamics and Heat and Mass Transfer. Moscow, MAI Press, 2013, p. 206 (in Russian).

2. Y. Wang, X. Cai, M. Zhang, X. Ma, D. Ren, J. Tan The study of the three-Dimensional meshless solver based on AUSM+-up and MUSCL scheme // Proceedings of the 2015 International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation.

3. Hashemi M. Y., Jahangirian A. Implicit fully mesh-less method for compressible viscous flow calculations // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2011, No. 235, pp. 4687-4700.

4. A. N. Lyubimov, V. V. Rusanov Gas Flows Past Blunt Bodies, Part I. NASA TT F-714, 1973 (Russian original published by Nauka, Moscow, 1970).

Комплексирование данных лидаров и камер для решения задачи сегментации объектов вокруг беспилотного автомобиля

Стоколесов М.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время направления, связанные с исследованиями в области автономного транспорта, являются очень популярными и быстро развивающимися. Использование беспилотных автомобилей призвано дать их пользователям большое количество преимуществ по сравнению с самостоятельным управлением транспортным средством.

Модуль компьютерного зрения, отвечающий за распознавание объектов, окружающих беспилотный автомобиль, является одним из ключевых, поскольку от точности его работы сильно зависит качество работы других узлов системы, и, как следствие, поведение автомобиля на дороге. Двумя главными задачами такого модуля являются т. н. детекция и сегментация объектов. В настоящее время самыми высокими показателями качества решения данных задач обладают алгоритмы, основанные на подходах машинного обучения.

Входные данные для модуля компьютерного зрения могут быть получены из таких сенсоров, как камеры, лидары и радары. К настоящему времени разработано множество алгоритмов компьютерного зрения не только для обработки изображений камеры, но также и для лидарных и радарных снимков. Многие из этих алгоритмов представляют собой различные вариации сверточных нейронных сетей. Каждый из этих сенсоров имеет свои сильные и слабые стороны, поэтому часто на борту беспилотного автомобиля устанавливаются все вместе, чтобы получить сбалансированную систему, в которой недостатки одних сенсоров восполняются преимуществами других. По этой причине разработка алгоритмов, осуществляющих комплексирование данных из различных сенсоров для решения задачи распознавания объектов вокруг автомобиля, сейчас является одним из важнейших направлений в области компьютерного зрения для автономных систем, поскольку данные, полученные из нескольких источников, содержат больше информации, чем только из одного.

В настоящей работе приводится обзор существующих подходов, в которых производится комбинация данных камеры и лидара для решения задачи сегментации объектов вокруг беспилотного автомобиля. Кроме того предлагается усовершенствованный алгоритм сегментации сцены, основанный на отображении лидарного облака на изображение камеры для объединения информации о пространственном расположении объектов с их визуальными признаками, а также применении сверточной нейронной сети типа encoder-decoder к полученному тензору для получения сегментации. Также проводится сравнение различных способов уточнения (сглаживания) полученного результата.

Bhanushali D. et al. LiDAR-camera fusion for 3D object detection //Electronic Imaging. – 2020. – Т. 2020. – №. 16. – С. 257-1-257-9.

Jaritz M. et al. Sparse and dense data with cnns: Depth completion and semantic segmentation //2018 International Conference on 3D Vision (3DV). – IEEE, 2018. – С. 52-60.

Valada A., Mohan R., Burgard W. Self-supervised model adaptation for multimodal semantic segmentation //International Journal of Computer Vision. – 2020. – Т. 128. – №. 5. – С. 1239-1285.

Meyer G. P. et al. Lasernet: An efficient probabilistic 3d object detector for autonomous driving //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2019. – С. 12677-12686.

Dai A., Nießner M. 3dmv: Joint 3d-multi-view prediction for 3d semantic scene segmentation //Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2018. – С. 452-468.

Lidar and camera data fusion for segmenting objects around autonomous vehicle

Stokolesov M.S.

MAI, Moscow, Russia

Currently, areas related to research in the field of autonomous transport are very popular and rapidly developing. The use of unmanned vehicles is intended to give their users a large number of advantages over manual driving, including a dramatic decrease in the number of accidents with fatalities, an increase in the efficiency of the use of roads and the cars themselves, a decrease in the cost of transporting goods and people, a decrease in the need to purchase their own car, as well as more rational use of time while traveling in a vehicle.

The computer vision module, which is responsible for recognizing objects surrounding an autonomous vehicle, is one of the key ones, since the quality of operation of other components of the system, and, as a consequence, the behavior of the car on the road, depends on the accuracy of its operation. The two main tasks of such a module are the so-called detection and segmentation of

objects. Currently, algorithms based on machine learning approaches have the highest quality indicators for solving these problems.

Input data for a computer vision module can be obtained from sensors such as cameras, lidars and radars. By now, many computer vision algorithms have been developed, not only for processing camera images, but also for lidar and radar images. Many of these algorithms are variations on convolutional neural networks. Each of these sensors has its own advantages and disadvantages, so often all of them are installed on the board of the autonomous vehicle in order to obtain a balanced system in which the advantages of one sensors are overlap disadvantages of other. For this reason, the development of algorithms that integrate data from various sensors to solve the problem of recognizing objects around a car is now one of the most important directions in the field of computer vision for autonomous systems, since data obtained from several sources contains more information than from just one.

This paper provides an overview of existing approaches that combine camera and lidar data to solve the problem of object segmentation around an autonomous vehicle. In addition, an improved algorithm for scene segmentation is proposed, based on mapping a lidar cloud to a camera image to fuse information about the spatial location of objects with their visual features, as well as applying a encoder-decoder convolutional neural network to the resulting tensor to obtain segmentation. Also, a comparison is made of various methods of refinement (smoothing) of the result.

Bhanushali D. et al. LiDAR-camera fusion for 3D object detection //Electronic Imaging. – 2020. – Т. 2020. – №. 16. – С. 257-1-257-9.

Jaritz M. et al. Sparse and dense data with cnns: Depth completion and semantic segmentation //2018 International Conference on 3D Vision (3DV). – IEEE, 2018. – С. 52-60.

Valada A., Mohan R., Burgard W. Self-supervised model adaptation for multimodal semantic segmentation //International Journal of Computer Vision. – 2020. – Т. 128. – №. 5. – С. 1239-1285.

Meyer G. P. et al. Lasernet: An efficient probabilistic 3d object detector for autonomous driving //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2019. – С. 12677-12686.

Dai A., Nießner M. 3dmv: Joint 3d-multi-view prediction for 3d semantic scene segmentation //Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2018. – С. 452-468.

Повышение точности математического моделирования процессов обледенения лопастей, с помощью данных натурных экспериментов

[1]Суханов Д.Б., [2]Стрижак С.В.

[1]МАИ, [2]ИСП РАН/МАИ, г. Москва, Россия

Вопросы изучения эксплуатации ветроэлектрических установок (ВЭУ) в сложных климатических условиях на территории РФ является актуальными. В процессе эксплуатации ВЭУ возможно образование наледи на поверхности лопасти, что приводит к снижению вырабатываемой мощности. Для прогнозирования обледенения используются экспериментальные методы, методы математического моделирования и нейронные сети. Эксперименты, моделирующие процессы обледенения, в аэроклиматических трубах являются важной составляющей при исследовании. Можно отметить работы prof. H. Hu из Iowa State University, USA по изучению вопроса обледенения профилей, лопастей и вращающегося винта, проводимые в специальной климатической трубе, а также работы группы проф. В. Окулова из ИТ СО РАН РФ.

В работе [1] проводились экспериментальные исследования процесса обледенения модельной поверхности лопасти ВЭУ на наветренной стороне и на подветренной стороне для выяснения влияния угла атаки. В результате эксперимента было определено, что угол атаки существенно влияет на процесс обледенения. По мере увеличения угла атаки нарастание льда на поверхности на подветренной стороне уменьшается, а ледяные структуры, нарастающие на поверхности подветренной стороне, увеличиваются. Так же было выявлено, что толщина передней кромки не зависит от угла атаки.

В ИСП РАН разрабатывается собственный тематический решатель-библиотека iceFoam для моделирования различных режимов и типов нарастания льда [2]. Разработка ведется на базе

открытой библиотеки OpenFOAM v1912. В решателе iceFoam используется Эйлер-Лагранжева модель для описания газокапельной среды, модель жидкой пленки для расчета толщины льда, алгебраический метод для перестроения геометрии тела после нарастания льда и другие физические модели.

В данной работе рассматривается задача о нарастании льда для несимметричного профиля “General Aviation”, который может быть основой для проектирования поверхности лопасти ВЭУ, для двух режимов (Rime Ice, Glaze Ice) с использованием решателя iceFoam. По результатам расчетов выполнено сравнение с результатами эксперимента.

Литература:

1. Linyue Gao, Yang Liu, Hui Hu An Experimental Study on Icing Physics for Wind Turbine Icing Mitigation // AIAA SciTech Forum 9 - 13 January 2017, Grapevine, Texas 35th Wind Energy Symposium.

2. Кошелев К.Б., Мельникова В.Г., Стрижак С.В. Разработка решателя iceFoam для моделирования процесса обледенения. Труды ИСП РАН, том 1, вып. 2, 2019 г., стр. 15–19. DOI: 10.15514/ISPRAS–2019–1(2)–1.

Improving the precision of mathematical modeling of processes icing of the wind turbine blades, using data from experiments

[1]Sukhanov D.B., [2]Strijhak S.V.

[1]MAI, [2]ISP RAS/MAI, Moscow, Russia

The issues of studying the operation of wind power plants (WPP) in difficult climatic conditions on the territory of the Russian Federation are relevant. During the operation of the wind turbine, ice formation on the blade surface is possible, which leads to a decrease in the generated power. Experimental methods, methods of mathematical modeling and neural networks are also used to predict icing. Experiments simulating the processes of icing in wind tunnels are an important component of research. The works of Prof. H. Hu from Iowa State University on the study of blades and rotating propeller icing carried out in a special climatic tube [4], and also the work of the group of prof. V. Okulova from IT SB RAS.

In this paper[1] conducted experimental studies of the process of dynamic icing of the wind turbine blade surface on the windward side and on the leeward side to determine the effect of the angle of attack. As a result of this experiment, it was determined that angle of attack significantly affects the dynamic process of icing over the model of the turbine blade surface. As the angle of attackincreases, the build-up of ice on the surface on the leeward side decreases, and the ice structures growing on the surface on the leeward side increases. It was also found that the thickness of the leading edge is independent of the angle of attack.

ISP RAS is developing its own thematic solver-library iceFoam for modeling various modes and types of ice growth [2]. Development is based on the open library OpenFOAM v1912.

The iceFoam solver uses the Euler-Lagrange model to describe the gas-drop medium, the liquid film model to calculate ice thickness, the algebraic method to rebuild the body geometry after ice build-up, and other physical models.

This document considers ice modeling for an asymmetric profile “General Aviation”, which can be the basis for designing the surface of a wind turbine blade, for two modes (Rime Ice, Glaze Ice) using the iceFoam solver. The results are compared with the experimental results.

References:

1. Linyue Gao, Yang Liu, Hui Hu An Experimental Study on Icing Physics for Wind Turbine Icing Mitigation // AIAA SciTech Forum 9 - 13 January 2017, Grapevine, Texas 35th Wind Energy Symposium.

2. Koshelev K.B., Melnikova V.G. Strijhak S.V. Development of iceFom solver for modeling ice accretion. Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS, vol. 32, issue 4, 2020. pp. 217–234 (in Russian). DOI: 10.15514/ISPRAS–2020–32(4)–16

Численный алгоритм исследования бифуркации периодических движений автономных гамильтоновых систем с двумя степенями свободы

Сухов Е.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматривается задача о бифуркации семейств периодических движений автономных гамильтоновых систем с двумя степенями свободы. Необходимость изучения свойств периодических движений может возникать как при решении прикладных задач физики, так и при качественном исследовании динамики гамильтоновых систем. Хотя аналитическому решению рассматриваемой задачи посвящено большое количество работ, например [1-3], выводы указанных работ справедливы лишь в частных случаях: в окрестностях известных положений равновесия и стационарных движений. Для исследования бифуркации при произвольных значениях параметров задачи необходимо применить численный метод [4].

В данной работе предложен двухэтапный численный алгоритм исследования бифуркации семейств периодических движений автономных гамильтоновых систем с двумя степенями свободы. На первом этапе известные периодические движения, называемые опорными, численно продолжаются по параметрам до границ своих областей существования. Для построения указанных областей и поиска точек бифуркации используется модифицированный вариант алгоритма, предложенного в [4, 5] и развитого в работе [6]. На втором этапе осуществляется поиск новых семейств, рождающихся в результате бифуркации исходного семейства. Для этого в окрестности точек бифуркации выполняется построение сечений Пуанкаре, которые затем разбиваются на области хаотического и регулярного движения при помощи триангуляции Делоне. Для поиска неподвижных точек в областях регулярного движения используется итерационный алгоритм, основанный на построении диаграмм Вороного. Периодические движения с начальными условиями, соответствующими найденным неподвижным точкам, используются далее в качестве опорных. Для апробации алгоритма в данной работе была исследована задача о бифуркации периодических движений, рождающихся из цилиндрической прецессии динамически симметричного спутника на круговой орбите.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 19-11-00116.

Литература:

1. Маркеев А. П. О нелинейных колебаниях гамильтоновой системы при резонансе 2:1 // ПММ. 1999. Т. 63. С. 757-769.

2. Бардин Б. С. Чекин А. М. О нелинейных колебаниях гамильтоновой системы при резонансе 3:1 // ПММ. 2009. Т. 73.

3. Schmidt D. S. Periodic solutions near a resonant equilibrium of a Hamiltonian system // Cel. Mech. 9. 1974.

4. Deprit A., Henrard J. Natural Families of Periodic Orbits // The Astronomical Journal. 1967. Vol. 72. No. 2. P. 158-172.

5. Каримов С. Р., Сокольский А. Г. Метод численного продолжения по параметрам естественных семейств периодических движений гамильтоновых систем // Препринт ИТА АН СССР №9. 1990.

6. Бардин Б. С., Сухов Е. А. Об алгоритме продолжения по параметрам семейств периодических движений автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы // LIV Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц плазмы и оптоэлектроники / РУДН. 2018.

Algorithm for numerical bifurcation analysis of periodic motions of autonomous Hamiltonian systems with two degrees of freedom

Sukhov E.A.
MAI, Moscow, Russia

The bifurcation problem for periodic motions of an autonomous Hamiltonian system with two degrees of freedom is considered. Analyzing properties of periodic motions is often necessary in

applied problems of physics as well as in fundamental studies of the dynamics of Hamiltonian systems. Although the aforementioned problem was addressed analytically in many works, including [1-4], the obtained conclusions only remain valid for particular cases such as neighborhoods of known equilibria or stationary motions. To address the bifurcation problem for arbitrary values of a problem's parameters a numerical approach has to be employed [4].

In this work a two-step numerical algorithm is proposed for analyzing bifurcations of families of periodic motions of an autonomous Hamiltonian system with two degrees of freedom. On the first step known 'base' periodic motions are numerically continued to the boundaries of their existence domains using a modified variant of the algorithm proposed in [4, 5] and further developed in [6]. The bifurcation points are identified in the process of numerical continuation. On the second step new periodic motions are obtained in the neighborhood of the bifurcation points. For this purpose Poincare maps are constructed in the neighborhood of the bifurcation points and then subdivided into domains of chaotic and regular motion using Delaunay triangulation. To obtain the stationary points corresponding to the new periodic motions an iterative algorithm based on Voronoi diagrams is employed. Upon obtaining the stationary points, their respective periodic motions are then used as base motions for the next step of computation. To test the algorithm bifurcation of periodic motions originating from Cylindrical precession of a dynamically symmetric satellite was studied.

This work was funded by the Russian Science Foundation, project № 19-11-00116.

References:

1. Markeev A. P. On nonlinear oscillations of a Hamiltonian system in case of 2:1 resonance // Journal of Applied Math. and Mech. 63. p. p. 757-769. 1999.

2. Bardin B. S., Chekin A. M. O On non-linear oscillations of a Hamiltonian system in case of 3:1 resonance // Journal of Applied Math. and Mech. 73.

3. Schmidt D. S. Periodic solutions near a resonant equilibrium of a Hamiltonian system // Cel. Mech. 9. 1974.

4. Deprit A., Henrard J. Natural Families of Periodic Orbits // The Astronomical Journal. 1967. Vol. 72. No. 2. P. 158-172.

5. Karimov S. R., Sokolskiy A. G. Method for numerical continuation of natural families of periodic motions of Hamiltonian systems // USSR RAS Institute of Theoretical Astronomy Preprint №9. 1990.

6. Bardin B. S., Sukhov E. A. On numerical continuation algorithm for families of periodic motions of a 2-DOF autonomous Hamiltonian system // LIV All-Russian conference on the problems of Dynamics, Physics of particles and Optoelectronics / RUDN. 2018.

О численном исследовании траекторий терминального перелёта в ограниченной задаче трёх тел

Филиппов А.А., Самыловский И.А.

МГУ, г. Москва, Россия

Целью настоящей работы является исследование краевой задачи, связанной с перелётом космического аппарата, оснащенного двигателем малой тяги, между околопланетными орбитами в ограниченной задаче трёх тел. Краевыми условиями являются начальная и целевая орбиты. В качестве планеты отправления берётся Земля, в качестве целевой планеты – Луна. Геоцентрическая орбита Луны приближена окружностью радиусом 384 400 км. Начальная и целевая орбиты приняты лежащими в плоскости орбиты Луны, соответствующим образом строится и базовая система координат, в которой выписываются уравнения модели.

Краевая задача решается методом встречной пристрелки. Траектория перелёта разбивается на два участка (разгона и торможения, соответственно). Управляющее ускорение модельного двигателя на первом участке постоянно по модулю и сонаправлено вектору скорости КА, на втором участке постоянно по модулю и, соответственно, направлено в противоположную сторону. Момент времени, соответствующий мгновенному изменению направления управляющего ускорения, является параметром пристрелки. Также вектор параметров пристрелки содержит время прибытия КА на целевую орбиту и модули ускорений на участках разгона и торможения. Краевая задача, соответственно, разбивается на две подзадачи:

1. Решение задачи Коши отдельно на каждом участке траектории с текущими параметрами пристрелки, причём движение на участке разгона моделируется в геоцентрической СК, а движение на участке торможения – в селеноцентрической СК.

2. Расчёт значений функции невязок в точке стыковки участков разгона и торможения и решение системы нелинейных уравнений многомерным методом Ньютона с модификацией Исаева-Сонина и нормировкой Федоренко.

В результате проведённого исследования были найдены траектории, позволяющие перелететь КА с околоземной на окололунную орбиту по описанной выше схеме.

Numerical analysis of terminal transfer trajectories in the restricted three-body problem

Filippov A.A., Samylovskiy I.A.
MSU, Moscow, Russia

The aim of this paper is to analyze the boundary value problem associated with the transfer of spacecraft equipped with a low thrust engine between near-planetary orbits in the restricted three-body problem. The boundary conditions are the initial and the target orbits. The Earth is taken as the initial planet, and the Moon - as the target planet. Moon geocentric orbit is approximated by a circle with a radius of 384,400 km. The initial and target orbits are assumed to lie in the Moon's orbit plane, and the base coordinate system (in which the model equations are written out) is constructed accordingly.

The boundary problem is solved by the counter-shooting method. The trajectory of the flight is divided into two segments (acceleration and deceleration segment, respectively). The control acceleration of the model engine on the first segment is constant in the module and co-directed with the spacecraft velocity vector, while on the second segment it is constant in the module and, accordingly, directed opposite the velocity. The time moment corresponding to the instantaneous change in direction of control acceleration is a shooting parameter. Also, the parameters vector contains the time of spacecraft arrival to the target orbit and acceleration modules on the acceleration and deceleration segments. The boundary problem, accordingly, is divided into two subtasks:

1. Solving the Cauchy problem separately at each trajectory segment with current parameters. The motion at the acceleration segment is modeled in a geocentric coordinate system, and the motion at the deceleration segment is modeled in the selenocentric coordinate system.

2. Calculation of the residual function values at a junction point of acceleration and deceleration segments and solution of nonlinear equations system by multidimensional Newton method with Isaev-Sonin modification and Fedorenko normalization.

As a result of the analysis, trajectories that allow the spacecraft to transfer from near-Earth to a near-Moon orbit according to the scheme described above were found. As a result of the analysis, trajectories that allow the spacecraft to fly from Earth to a lunar orbit according to the scheme described above were found.

Пространственная задача о термонапряженно-деформированном состоянии упругой пластины

Хоа Ван Донг, Зверяев Е.М., Пыхтин А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Решение строится на основе уравнений теории упругости в трехмерной постановке с учетом влияния поля температуры. В отличие от теории пластин и оболочек, вспомогательные величины внутренних силовых факторов не вводятся. Геометрия тела, как пластины, учитывается в процессе преобразования исходной системы уравнений к виду, где каждая неизвестная задачи выражается через остальные: в левую часть уравнений переносятся либо сами искомые величины, либо их производные по координате, направленной по высоте. В последнем случае выполняется интегрирование, и набор неизвестных дополняется произволами интегрирования – функциями двух координат, лежащих в плоскости пластины. Взгляд на полученную систему уравнений как на оператор метода последовательных приближений и полагание в качестве начального приближения части произволов интегрирования (считаются неизвестными функциями) позволяет свести задачу к

определению только произволов интегрирования – шести функций двух пространственных координат. Начальные 15 неизвестных, характеризующие термонапряженно-деформированного состояние, в силу описанного построения, выражаются через базисные функции, как степенной ряд по координате, направленной по высоте, коэффициенты которого – дифференциальные выражения. В зависимости от числа последовательных приближений степень полинома и порядок дифференцирования возрастает.

Дифференциальные уравнения в отношении базисных функций, а также условия для вычисления появляющихся констант интегрирования, получаются заданием граничных условий в терминах исходных функций термонапряженно-деформированного состояния. Учет тонкостенности путем введения малого геометрического параметра дает возможность асимптотически сравнивать составляющие решения большой и малой степени изменяемости, а также адаптировать уравнения к областям «спокойного» решения и зонам сингулярностей (краевой зоне, в частности). В определенных случаях для таких уравнений возможно аналитическое решение. Также на первом шаге приближения обнаруживается непосредственная взаимосвязь с классическим уравнением прогиба срединной поверхности пластины и решением с учетом поля температуры заданного вида.

Исследование продолжает тему развития и применения метода Сен-Венана – Пикара – Банаха интегрирования уравнений механики тонкостенных систем.

The spatial problem of the thermal stress-strain state of an elastic plate

Hoa Van Dong, Zveryaev E.M., Pykhtin A.V.
MAI, Moscow, Russia

The solution is based on the equations of the theory of elasticity in a three-dimensional formulation, taking into account the influence of the temperature field. Unlike the theory of plates and shells, auxiliary values of internal force factors are not introduced. The geometry of the body, like a plate, is taken into account in the process of transforming the original system of equations to the form where each unknown value of the problem is expressed through the others: either the sought-for values themselves or their derivatives with respect to the coordinate directed along the height are transferred to the left side of the equations. In the latter case, integration is performed, and the set of unknowns is supplemented by the arbitrariness of integration - functions of two coordinates lying in the plane of the plate. Looking at the resulting system of equations as an operator of the method of successive approximations and putting as an initial approximation some of the arbitrariness of integration (considered as unknown functions) allows to reduce the problem to determining only the arbitrariness of integration - six functions of two spatial coordinates. The initial 15 unknowns characterizing the thermal stress-strain state, by virtue of the described construction, are expressed in terms of basis functions, as a power series in the coordinate directed along the height, the coefficients of which are differential expressions. Depending on the number of successive approximations, the degree of the polynomial and the order of differentiation are increase.

Differential equations with respect to basis functions, as well as conditions for calculating the emerging integration constants, are obtained by specifying the boundary conditions in terms of the original functions of the thermal stress-strain state. Taking into account the thinness by introducing a small geometric parameter makes it possible to asymptotically compare the components of the solution of a large and small degree of variability, as well as to adapt the equations to the regions of a "quiet" solution and zones of singularities (edge zone, in particular). In certain cases, an analytical solution is possible for such equations. Also, at the first step of the approximation, a direct relationship is found with the classical equation of the deflection of the middle surface of the plate and the solution taking into account the temperature field of a given type.

The study continues the theme of the development and application of the Saint-Venant – Picard – Banach method for integrating the equations of mechanics of thin-walled systems.

О нелинейных колебаниях близкой к автономной гамильтоновой системы в одном случае кратного параметрического резонанса

Холостова О.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Рассматриваются движения близкой к автономной, периодической по времени гамильтоновой системы с двумя степенями свободы в окрестности тривиального равновесия. Система зависит от трех параметров, один из которых мал. Предполагается, что в автономном случае для некоторого набора двух других параметров системы реализуется кратный параметрический резонанс, для которого одна из частот малых линейных колебаний равно двум, а другая единице. При некоторых ограничениях на структуру гамильтониана возмущенного движения исследуются нелинейные колебания системы в окрестности указанного равновесия для значений параметров из окрестности резонансной точки трехмерного пространства параметров. Построены границы областей неустойчивости тривиального равновесия (областей параметрического резонанса), соответствующие вторичным резонансам в преобразованной линейной системе (случаи нулевой частоты и равных частот). Показано, что в случае, когда значения параметров не принадлежат областям параметрического резонанса и их малым окрестностям, а также в случае равных частот характер движений системы определяется свойствами автономных приведенных систем с одной степенью свободы. При этом большинство движений полной неавтономной системы являются двух- и трехчастотными условно-периодическими (с частотами, имеющими разные порядки по малому параметру). В случае нулевой частоты в системе существуют периодические по времени движения, аналитические по малому параметру; решен вопрос об их существовании, бифуркациях и устойчивости (в линейной и нелинейной постановках). В качестве приложения исследованы нелинейные колебания динамически симметричного спутника (твердого тела) относительно центра масс в окрестности его цилиндрической прецессии на слабоэллиптической орбите при наличии кратного резонанса изучаемого типа.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 19-11-00116) в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете)

On nonlinear oscillations of a nearly autonomous Hamiltonian system in one case of multiple parametric resonance

Kholostova O.V.
MAI, Moscow, Russia

The motion of a nearly autonomous, time-periodic Hamiltonian system with two degrees of freedom in a neighborhood of trivial equilibrium is considered. The system depends on three parameters, one of which is small. It is assumed that in the autonomous case, for a certain set of two other parameters of the system, multiple parametric resonance is realized, for which one of the frequencies of small linear oscillations is equal to two, and the other to unity. Under certain restrictions on the structure of the Hamiltonian of the perturbed motion, nonlinear oscillations of the system in the vicinity of the equilibrium are investigated for the values of the parameters from the vicinity of the resonance point of the three-dimensional space of parameters. The boundaries of the regions of instability of trivial equilibrium (regions of parametric resonance) corresponding to secondary resonances in the transformed linear system (cases of zero frequency and equal frequencies) are constructed. It is shown that in the case when the values of the parameters do not belong to the regions of parametric resonance and their small environs, as well as in the case of equal frequencies, the nature of the system's motions is determined by the properties of autonomous reduced systems with one degree of freedom. In these cases, most of the motions of the complete non-autonomous system are two- and three-frequency conditionally periodic (with frequencies of different orders in a small parameter). In the case of zero frequency, there are time-periodic motions in the system that are analytical in a small parameter. The problem of their existence, bifurcations and stability (in linear and nonlinear formulations) is solved. As an application, nonlinear oscillations of a dynamically symmetric satellite (rigid body) relative to the center of mass in the vicinity of its

cylindrical precession in a weakly elliptical orbit are investigated in the presence of a multiple resonance of the type under study.

This research was supported by the grant of the Russian Science Foundation (project 19-11-00116) and was carried out at the Moscow Aviation Institute (National Research University).

Применение приближенных методов H-infinity управления выходом нелинейной системы в прикладных задачах стабилизации вертолетов

Яковлева А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе рассматривается проблема нахождения H-infinity управления выходом нелинейной непрерывной динамической системы, линейной по управлению и возмущению, с конечным временем функционирования. Методы H-infinity управления часто используются для решения задач синтеза регуляторов, в частности, задач синтеза регуляторов в условиях неполной информации о состоянии объекта. В таких задачах часто представляется сложным найти структуру регулятора. Для её решения предложено несколько приближенных подходов к формированию и исследованию качества замкнутых нелинейных непрерывных систем. Для иллюстрации работы методов в работе используется задача стабилизации вертолета ZD559-Lynx, полет которого совершается на протяжении конечного промежутка времени.

Рассмотрено применение двух приближенных методов для нахождения H-infinity регулятора. Первый основан на идее поиска псевдорешения линейной модели измерительной системы и его использованием управлении, а второй – на синтезе наблюдателя состояния, вырабатывающего оценку вектора состояния, и использованием оценки в управлении.

Математическая модель движения вертолета определяется системой нелинейных дифференциальных уравнений. Положение вертолета ZD559-Lynx характеризуется вектором состояния. Управление производится по нескольким каналам. Матрица, описывающая объект управления задана непрерывной функцией, зависящей от вектора состояния. Заданы матрицы, характеризующие влияние управления на состояние объекта, степень воздействия внешних возмущений на систему.

Минимизация влияния внешних возмущений происходит путем получения оптимального H-infinity регулятора, минимизирующего отношение энергии выходного сигнала к энергии входного воздействия при одновременном обеспечении асимптотической устойчивости замкнутой системы. Начальное состояние задано. Уравнения измерительной системы заданы линейной моделью, они определяют связь между вектором выхода системы и вектором состояния посредством матрицы, учитывающей неполноту измерений. Задан квадратичный критерий качества, критерий задает требования к переходным процессам, возникающим в замкнутых системах вида «объект-регулятор», а также интегральным затратам на управление.

Для решения прикладной задачи управления вертолетом создан программный комплекс, где реализованы преддложенные алгоритмы. Для реализации использовался математический пакет MATLAB.

Application of approximate H-infinity methods for finding the H-infinity control of a nonlinear system output for a helicopter stabilization problem

Yakovleva A.A.
MAI, Moscow, Russia

The paper considers the problem of finding the H-infinity control of a nonlinear continuous dynamic system output. The system is linear in control and perturbation, with a finite time of the system operation. Methods for finding H-infinity control are used to solve problems of synthesis of controllers, particularly for solving the problem of synthesis of controllers in conditions of incomplete state information. In such problems, it is difficult to find the structure of the regulator. To solve it, two approximate methods for finding the H-infinity controller of closed nonlinear continuous systems were proposed. To illustrate the application of the methods, the problem of stabilization of the ZD559-Lynx helicopter, whose flight takes place during the imposed time period of the system operation, was considered.

The paper considers the application of two approximate methods to find the H-infinity controller. The first one is associated with finding a pseudo-solution of the linear model of measuring system as well as with its use in control, the second one – with the synthesis of a state observer generating an estimate of the state vector and its application in control.

The mathematical model of the helicopter motion is determined by a system of nonlinear differential equations. The position of the ZD559-Lynx helicopter is characterized by a state vector. Control is carried out through a number of channels. The matrix characterizing the control object is given by a continuous function depending on the state vector. The system also includes matrices characterizing the influence of control on the state of the object, and the degree of influence of external disturbances on the system.

The influence of external disturbances is minimized by obtaining an optimal H-infinity controller that minimizes the ratio of the output signal energy to the input stimulus energy. The asymptotic stability of the closed system must be ensured.

The initial state is given. The equation of the measuring system is described by a linear model and connects the output vector to the state vector by means of a matrix that takes the incompleteness of measurements into account. The quality functional is quadratic, it describes the requirements for transient processes in closed-loop systems and the integral costs of control.

To solve the applied problem of helicopter control, a software was created to implement proposed methods. Mathematical package MATLAB was used for the implementation. While using the complex of programs it is allowed to set the parameters for modeling of the process, the moment of the end of the process, and the initial condition.

Многокритериальное принятие решений в задачах с большими данными

Яшина Н.П., Иванов А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время возможность получения больших массивов информации, в частности через интернет, заставляет исследовать способы хранения данных в программных системах, а также разрабатывать полиномиальные алгоритмы их обработки.

Рассматривается задача многокритериального принятия решений. Заданы множество альтернатив, множество критериев качества с числовыми шкалами отношений и векторные оценки альтернатив по критериям. Требуется ранжировать альтернативы по предпочтительности.

В работах [1,2] предложена методика ранжирования альтернатив, не требующая предварительного приведения шкал критериев к однородным. Суть метода заключается в построении матриц предпочтения с элементами, сохраняющими отношения численных оценок альтернатив по критериям, что заменяет процедуру приведения шкал критериев к однородным. Разработанные алгоритмы агрегирования предпочтений по критериям сводятся к суммированию элементов матриц и поэтому имеют полиномиальную вычислительную сложность, зависящую от числа критериев и альтернатив. Это позволяет обрабатывать и анализировать большие объемы входной информации.

Рассмотрим работу программы на примере ранжирования с целью приобретения дронов для наблюдения и съемок местности, передачи информации оператору. Названия дронов и их характеристики по критериям будем хранить в Excel таблице. Кроме того, необходима информация о том максимизируются или минимизируются оценки по данному критерию. Будем оценивать аппараты по следующим критериям: стоимость (в рублях, min); вес (в кг, min); максимальная длительность полета (в часах или мин., max); максимальная высота полета (в метрах, max); обслуживание (в баллах, max); защита от столкновений и погодных явлений (в баллах, max).

Основные этапы работы программы ранжирования альтернатив.

1. ЛПР (лицо, принимающее решения) вводит интервалы-ограничения для каждого критерия. Таблица может сама упорядочивать аппараты по одному критерию, и мы легко отсекаем дроны вне заданного интервала.

2. ЛПР выбирает критерии из заданного перечня, по которым хочет ранжировать аппараты. Дополнительно можно ввести весовые коэффициенты важности критериев.

3. Программа ранжирует дроны и выдает на экран 5 (или более) наилучших аппаратов.

4. ЛПР анализирует результат и при необходимости может изменить набор критериев.

Разработанная программная система предназначена для решения задач многокритериального принятия решений, а также для проведения практических занятий и лабораторных работ по дисциплине «Принятие решений», читаемой в МАИ.

Литература:

1. Smerchinskaya S.O., Yashina N.P. On an algorithm for pairwise comparison of alternatives in multi-criteria problems // International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. 2018. Vol. 9, Issue 1. DOI: 10.1142/S179396231850006X.

2. Смерчинская С.О., Яшина Н.П. Агрегирование предпочтений в многокритериальных задачах // Вестник Московского авиационного института. 2013. № 2, том 20. С. 219-225.

Multi-criteria decision making in big data problems

Yashina N.P., Ivanov A.A.

MAI, Moscow, Russia

At present, the possibility of obtaining large amounts of information, in particular via the Internet, makes it necessary to investigate ways of storing data in software systems, as well as to develop polynomial algorithms for their processing.

The problem of multicriteria decision making is considered. A set of alternatives, a set of quality criteria with numerical attitude scale and vector assessments of alternatives by criteria are given. It is required to rank the alternatives according to their preference.

In [1,2], a method for ranking alternatives is proposed that does not require preliminary reduction of the criteria scales to homogeneous ones. The essence of the method is to construct preference matrices with elements that preserve the ratio of numerical assessments of alternatives by criteria, which replaces the procedure for reducing the criteria scales to homogeneous ones. The developed algorithms for aggregating preferences by criteria are reduced to the summation of matrix elements and therefore have a polynomial computational complexity, depending on the number of criteria and alternatives. This allows you to process and analyze large amounts of input information.

Let us consider the operation of the program using the example of ranging in order to acquire drones for observation and survey of the terrain, transferring information to the operator. The names of the drones and their characteristics according to the criteria will be stored in an Excel table. In addition, information is needed on whether the scores for this criterion are maximized or minimized. We will evaluate the devices according to the following criteria: cost (in rubles, min); weight (in kg, min); maximum flight duration (in hours or min., max); maximum flight altitude (in meters, max); service (in points, max); protection against collisions and weather phenomena (in points, max).

The main stages of the program for ranking alternatives.

1. The decision maker introduces intervals-restrictions for each criterion. The table can itself order the aircraft according to one criterion, and we easily cut off drones outside the specified interval.

2. The decision maker selects criteria from a given list by which he wants to rank the devices. Additionally, you can enter weighting factors for the importance of the criteria.

3. The program ranks the drones and displays the 5 (or more) best aircraft on the screen.

4. The decision maker analyzes the result and, if necessary, can change the set of criteria.

The developed software system is intended for solving problems of multi-criteria decision-making, as well as for conducting practical exercises and laboratory work in the discipline "Decision making", read at the Moscow Aviation Institute.

8. Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники

8. New materials and production technology in the field of aviation, rocket and space technology

Синтез in situ матриц жаропрочных композиционных материалов и жаростойких защитных покрытий

Астапов А.Н., Погодин В.А., Сукманов И.В., Матуляк А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Работа выполнена в продолжение систематических исследований, проводимых в направлении создания жаропрочных композиционных материалов на основе углерода [1] и жаростойких покрытий [2, 3], предназначенных для увеличения стойкости композитов к высокотемпературному окислению и эрозии в скоростных высокоэнтальпийных потоках газа.

Были приготовлены порошковые композиции в системах Hf-Nb-B4C, Hf-Nb-TiC-TiB2 и Mo-Si-HfB2. Чистота исходных веществ соответствовала характеристике ХЧ. Порошки тщательно перемешивали в высокоэнергетической шаровой мельнице SPEX SamplePrep 8000M-230 Mixer/Mill (США). Компактирование порошков (кроме композиций в системе Mo-Si-HfB2) в таблетки проводили с использованием в качестве связки фенолформальдегидной смолы СФ-0112А методом горячего прессования с давлением 7-8 кгс/см2 при температуре 150°С. Композиции в системе Mo-Si-HfB2 служили наполнителями в шликерных суспензиях, которые наносили на поверхность образцов из C/SiC композита в виде тонких слоев. В качестве связующего применяли раствор коллоксилина в амилацетате и диэтилоксалате. Эксперименты по реакционному синтезу гетерофазных композиций выполняли в вакуумной электропечи СШВЭ-1.2.5/25 И2 (Россия) при различных значениях температуры в интервале от 1450 до 1750°С и остаточном давлении аргона 0,01-10 Па. Время выдержки на изотерме составляло 20-60 минут.

По данным РФА, СЭМ и ЭДС установлено, что в системах Hf-Nb-B4C и Hf-Nb-TiC-TiB2 протекают химические реакции, приводящие к синтезу in situ боридов HfB, HfB2 и карбидов Nb2C, NbC. Обсуждается вопрос возможного образования боридокарбида гафния HfBxCy и карбидоборида ниобия NbCzBw, а также твердых растворов в системе Ti-Hf-Nb-C-B. Реакционное взаимодействие в системе Mo-Si-HfB2 приводит к формированию пористого слоя на основе матричной фазы MoSi2 или/и Mo5Si3 с равномерно распределенными в ней частицами HfB2. Обсуждаются причины образования пор и возможные меры по их устранению.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (Соглашение № 19-79-10258 от 08.08.2019 г.).

Литература:

1. Терентьева В.С., Лейпунский И.О., Еремина А.И., Пшеченков П.А., Астапов А.Н. Влияние архитектуры и компонентно-химического состава на структуру и свойства углеродсодержащих композиционных материалов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 30 – 52.

2. Астапов А.Н., Терентьева В.С. Жаростойкие покрытия с повышенной эрозионной стойкостью в гиперзвуковых потоках воздушной плазмы // Коррозия: материалы, защита. – 2017. – № 11. – С. 1 – 10.

3. Терентьева В.С., Астапов А.Н. Концептуальная модель защиты особожаропрочных материалов в гиперзвуковых потоках окислительного газа // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2017. – № 3. – С. 51 – 64.

In situ synthesis of heat-proof composite materials matrices and heat-resistant protective coatings

Astapov A.N., Pogodin V.A., Sukmanov I.V., Matulyak A.I.
MAI, Moscow, Russia

The work was carried out as a continuation of systematic studies carried out in the direction of creating heat-proof composite materials based on carbon [1] and heat-resistant coatings [2, 3], designed to increase the resistance of composites to high-temperature oxidation and erosion in high-speed high-enthalpy gas flows.

Were prepared powder compositions in the systems Hf-Nb-B4C, Hf-Nb-TiC-TiB2 and Mo-Si-HfB2. The purity of the starting materials corresponded to the characteristics of chemically pure. The powders were thoroughly mixed in a high-energy ball mill SPEX SamplePrep 8000M-230 (USA). Compaction of powders (except the Mo-Si-HfB2 system) into tablets was carried out using SF-0112A phenol-formaldehyde resin as a binder by hot pressing with a pressure of 7-8 kgf/cm2 at a temperature of 150°C. Compositions in the Mo-Si-HfB2 system served as fillers in slip suspensions, which were applied to the surface of C/SiC composite samples in the form of thin layers. Experiments on the reaction synthesis of heterophase compositions were carried out in an SSHVE-1.2.5/25 I2 (Russia) at various temperatures in the range of 1450-1750°C and a residual argon pressure of 0.01-10 Pa. The holding time on the isotherm was 20-60 minutes.

According to the XRD, SEM, and EDS data, it was found that chemical reactions occur in the Hf-Nb-B4C and Hf-Nb-TiC-TiB2 systems leading to the in situ synthesis of HfB and HfB2 borides and Nb2C, NbC carbides. The question of the possible formation of HfBxCy, NbCzBw, as well as solid solutions in the Ti-Hf-Nb-C-B system, is discussed. The reaction interaction in the Mo-Si-HfB2 system leads to the formation of a porous layer based on the MoSi2 or/and Mo5Si3 matrix phase with HfB2 particles uniformly distributed in it. The reasons for the formation of pores and possible measures for their elimination are discussed.

The work was carried out within the framework of a grant from the Russian Science Foundation (Agreement No. 19-79-10258 of 08.08.2019).

References:

1. Terentieva V.S., Eremina A.I., Astapov A.N., Leipunskii I.O., Pshechenkov P.A. Influence of the architecture and elemental-chemical composition on the structure and properties of carbonaceous composite materials // Composites: Mechanics, Computations, Applications. 2011. Vol. 2, No. 3. P. 247–270. DOI: 10.1615/CompMechComputApplIntJ.v2.i3.60.

2. Astapov A.N., Terentieva V.S. Heat-resistant coatings with increased erosion resistance in hypersonic air plasma flows // Corrosion: materials, protection. 2017. No. 11. P. 1–10 (in Russian).

3. Terentieva V.S., Astapov A.N. Conceptual protection model for especially heat-proof materials in hypersonic oxidizing gas flows // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2018. – Vol. 59, No. 6. – P. 709 – 718. DOI: 10.3103/S1067821218060172.

Преимущества компьютерного моделирования при производстве технологической оснастки

Басова А.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Развитие авиастроительного производства тесно взаимосвязано с техническим оснащением и совершенствованием средств производства на базе применения новейших достижений науки и техники. Оснащение производства новыми видами продукции неизбежно включает процессы проектирования технологической оснастки. Технологическая оснастка является преобладающим из важнейших факторов, влияющих на качество изготавливаемой продукции авиастроительного предприятия. Таким образом, проблема повышения качества технологической оснастки, а также ее эффективности стала одной из важнейших проблем современного авиастроения.

В настоящее CAD/CAM/CAE-системы широко и успешно применяются в производстве технологической оснастки. Применение компьютерного моделирования дает возможность значительно сократить материальные затраты при переходе от этапа проектирования к

реальному производственному процессу. Более того, значительно уменьшается время на внедрение новых процессов и технологической оснастки и на их реализацию. Также немаловажным преимуществом компьютерного моделирования является отсутствие затрат по эксплуатации оборудования при внедрении новой технологии. Изменение одного и того же дизайна позволяет создавать бесконечные вариации конечного продукта, в данном случае нет необходимости изготавливать натурный комплект технологической оснастки и производить корректировки.

В дополнение всему вышесказанному, эффективность компьютерного моделирования на производстве возрастает при условии тесного взаимодействия среди членов команды, которые работают над одним и тем же продуктом, эскизы изделий остаются всегда доступным для удобного просмотра и изменения.

1. Егер, С.М. Основы автоматизированного проектирования самолетов: учеб.пособие для студентов авиационных специальностей вузов. / С.М. Егер, Н.К. Лисейцев, О.С. Самойлович. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с., ил.

2.Норенков И.П.Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 336 с.

The advantages of computer modeling in the production of technological equipment

Basova A.N.
MAI, Moscow, Russia

Development of aircraft production is closely interconnected with technical equipment and improvement of means of production based on application of the latest achievements of science and technology. Equipping the production with new types of products inevitably includes the processes of designing the technological tooling. Technological rigging is a predominant of the most important factors, influencing the quality of the manufactured products of an aircraft manufacturing enterprise. So, the problem of tooling quality improvement, as well as its efficiency has become one of the most important problems of modern aircraft production.

At present CAD/CAM/CAE-systems are widely and successfully applied in production of machining attachments. Computer modeling application gives an opportunity to reduce material expenses during the transition from design stage to real production process. Moreover, time for implementation and realization of new processes and tooling is significantly reduced. Also an important advantage of computer modeling is the absence of equipment operation costs during the introduction of new technology. Changing the same design allows creating endless variations of the final product, in this case there is no need to produce a full-scale set of machining attachments and make adjustments.

In addition to all of the above, the efficiency of computer modeling in production increases if there is close interaction among team members who work on the same product, product sketches remain always available for easy review and modification.

Разработка алгоритмов контроля и измерения режущего инструмента на станке с ЧПУ в условиях безлюдного производства

[1]Басова Т.В., [2]Басова М.В.
[1]ИТМО, [2]БГТУ «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, Россия

Износ режущей кромки инструмента, а также неверное определение координат его нулевой точки на станке с ЧПУ являются возможными причинами технологического брака, что особенно важно при работе со сложнопрофильным инструментом, таким как резьбовая фреза [1-3].

Существующие алгоритмы контроля и измерения режущего инструмента с применением контактных и бесконтактных датчиков, имеют ряд недостатков. Во-первых, для работы датчиков измерения инструмента, в большинстве случаев, исходные данные о режущем инструменте вводятся вручную, при этом некоторые значения параметров должны подбираться с учетом особенностей инструмента. Во-вторых, измерение инструмента осуществляется по команде, вызов которой производится по решению специалиста; при этом

измерение и контроль происходят однообразным способом, то есть без адаптации работы датчика к особенностям технологического процесса механической обработки, а также к периоду стойкости инструмента. В-третьих, заключение о работоспособности инструмента или заготовки, обработанной поврежденным инструментом, принимает специалист [4].

В связи с перечисленными недостатками, смена инструмента в условиях безлюдного производства часто осуществляется после обработки определенного количества заготовок, при его износе 60-70% от нормы [5, 6]. Данный факт значительно увеличивает себестоимость изготовления детали, в то же время не гарантирует выполнение конструкторско-технологических требований обрабатываемых элементов.

В работе реализованы алгоритмы измерения инструмента, учитывающие стойкость инструмента и особенности его геометрии, а также точность обрабатываемого размера детали. Кроме того, был предложен способ автоматизированного заполнения исходных данных о режущем инструменте, основанный на обработке и получении информации из Generic Tool Catalog (GTC) [7].

Подготовленные алгоритмы контроля и измерения инструмента были внедрены на роботизированном участке станков с ЧПУ и могут быть применены не только в условиях безлюдного производства, но также для традиционных участков станков с ЧПУ.

Литература:

1. Федоров В. А., Мельников Д. А., Сухарева А. А. Выбор инструмента для резьбофрезерования отверстий //Научный альманах. – 2017. – №. 2-3. – С. 140-145.

2. Овсянников В. Е., Суворов А. И. К вопросу применения резьбофрезерования при обработке отверстий //Вестник Курганского государственного университета. – 2013. – №. 2 (29).

3. Rao, K. V., Murthy, B. S. N., & Rao, N. M. (2013). Cutting tool condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring. Measurement, 46(10), 4075-4084.

4. Станок с ЧПУ: Измерение и контроль // https://ritm-magazine.ru/ru/public/stanok-s-chpu-izmerenie-i-kontrol (дата обращения: 23.01.2021).

5. Junior M. V. et al. The role of tool presetting in milling stability uncertainty //Procedia Manufacturing. – 2018. – Т. 26. – С. 164-172.

6. Дмитриев С.И., Ершова И.Г. Метрологическое обеспечение производства в машиностроении: курс лекций – Псков : Издательство ППИ, 2011. –180 с.: ил.

7. Morey B. Tools for managing tools. Manufacturing Engineering. 2017. V. 158. No. 4. P. 59–65.

The development of algorithms for cutting tools control and measurement on a CNC machine at the unmanned production conditions

[1]Basova T.V., [2]Basova M.V.

[1]ITMO, [2]BSTU “VOENMEH”, Saint-Petersburg, Russia

Both the cutting tools’ edge wear and the incorrect determination of cutting tools` zero point coordinates on a CNC machine may lead to technological defects, which is especially relevant when working with the complex tools, such as a threaded milling cutter [1-3].

The existing cutting tools’ contact and non-contact monitoring and measuring sensors algorithms have a number of disadvantages. Firstly, the tool measurement sensors operation, mostly, requires the cutting tools initial data manual input, while some parameters` values must be selected considering the tools’ characteristics. Secondly, the tools measurements are performed by the commands, which are made by specialist; the measurement and control occur according to the common method, without adapting the sensor operation to both the machining technological process peculiarities and the tool durability period. Finally, the conclusions about the tools` operability or the workpieces` acceptability, which processed by the damaged tool, are accepted by a specialist [4].

Due to the listed disadvantages, tool change at the unmanned manufacturing conditions is often performed after processing a certain number of workpieces, when cutting tools wear amounts to just 60-70% of its norm [5, 6]. This fact significantly increases the parts production cost, at the same time does not guarantee the processed elements design and technological requirements fulfillment.

This paper implements the tools` measuring algorithms, considering the tools` durability and geometry features, as well as the processed part size accuracy. In addition, the method which allows automating the required cutting tools data automated input due to the processing and obtaining information from the Generic Tool Catalog (GTC) was proposed [7].

The prepared tools` control and measurement algorithms have been applied on the robot-manned line and may be used not only at the unmanned production conditions, but also at the usual section of CNC machines.

References:

1. Fedorov V. A., Melnikov D. A., Sukhareva A. A. The choice of a tool for threading holes //Scientific almanac. - 2017. - No. 2-3. - pp. 140-145.

2. Ovsyannikov V. E., Suvorov A. I. On the use of thread milling in hole processing //Bulletin of Kurgan State University. – 2013. – №. 2 (29).

3. Rao, K. V., Murthy, B. S. N., & Rao, N. M. (2013). Cutting tool condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring. Measurement, 46(10), 4075-4084.

4. CNC machine: Measurement and control // https://ritm-magazine.ru/ru/public/stanok-s-chpu-izmerenie-i-kontrol (accessed: 23.01.2021).

5. Junior M. V. et al. The role of tool presetting in milling stability uncertainty //Procedia Manufacturing. - 2018. - Vol. 26. - pp. 164-172.

6. Dmitriev S.I., Ershova I.G. Metrological support of production in mechanical engineering: a course of lectures - Pskov: Publishing House PPI, 2011. -180 p.: ill.

7. Morey B. Tools for managing tools. Manufacturing Engineering. 2017. V. 158. No. 4. P. 59–65.

Перспективы использования композиционных материалов полиэтилен-никелид титана

Бурдин Д.В., Виноградов Р.Е., Снегирев А.О., Меньщиков И.М.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время во многих отраслях промышленности, медицины находят свое применение композиционные материалы (КМ). В частности, использование функциональных композиционных материалов позволяет показать применимость этих материалов для проектирования и производства термосиловых конструкций медицинского назначения, для создания узлов новой авиационной техники. Расширение функциональности и повышение надежности ортопедических изделий имеет высокое экономическое и социальное значение. Именно из-за этого изучение механических свойств композита с полимерной матрицей и проволоками из никелида титана является актуальной проблемой.

В данной работе проводились механические испытания композиционных материалов с полимерной матрицей из полиэтилена низкого и высокого давления, армированные проволоками из сплава ТН1 (55,7% Ni) диаметром 2,48 мм. Испытания проводились по схеме трехточечного изгиба, где образцы подвергались нагружению - разгружению с увеличением прогиба в каждом следующем цикле.

Изучено механическое поведение композиционного материала, армированного двумя (объемная доля 2,8%) и тремя (объёмная доля 4,1%) проволоками из никелида титатана с полиэтиленом высокого и низкого давления.

В отличии от полиэтиленовых образцов без армирующих элементов, которые накапливали необратимые деформации при малых нагрузках, армированные образцы выдерживали более высокие нагрузки, проявляли сверхупругое поведение в случае матрицы из полиэтилена высокого давления с двумя и тремя проволоками из никелида титана. А в случае образцов с полиэтиленом низкого давления, армированного двумя и тремя проволоками из никелида титана значительно возросла приложенная нагрузка и жесткость конструкции.

По результатам испытаний на трехточечный изгиб определены механические свойства (модуль упругости, предел пропорциональности, предел сверхупругости и соответствующие им деформации рассмотренных композиционных материалов. Получены зависимости этих свойств от количества армирующих элементов и типа матрицы.

Благодаря повышению жесткости и проявлению небольшой по величине сверхупругой деформации в КМ с матрицей из полиэтилена низкого давления, армированного тремя проволоками из никелида титана, возможно его применение в ортопедии, в частности, в изготовлении динамических туторов для ходьбы. При выполнении работы был изготовлен опытный образец изделия.

Prospects for the use of composite materials polyethylene-titanium nickelide

Burdin D.V., Vinogradov R.E., Snegirev A.O., Menshchikov I.M.
MAI, Moscow, Russia

Currently, composite materials (CM) are being used in many industries and medicine. In particular, the use of functional composite materials makes it possible to show the applicability of these materials for the design and production of thermosilic structures for medical purposes, for the creation of new aircraft components. Expanding the functionality and increasing the reliability of orthopedic products is of high economic and social importance. It is because of this that the study of the mechanical properties of a composite with a polymer matrix and titanium nickelide wires is an urgent problem.

In this work, mechanical tests of composite materials with a polymer matrix of low- and high-pressure polyethylene reinforced with wires made of alloy TN1 (55.7% Ni) with a diameter of 2.48 mm were carried out. The tests were carried out according to the three-point bending scheme, where the samples were subjected to loading and unloading with an increase in deflection in each subsequent cycle.

The mechanical behavior of a composite material reinforced with two (volume fraction 2.8%) and three (volume fraction 4.1%) wires of titanium nickelide with high and low pressure polyethylene was studied.

Unlike polyethylene samples without reinforcing elements, which accumulated irreversible deformations at low loads, reinforced samples withstood higher loads, showed superelastic behavior in the case of a matrix of high-pressure polyethylene with two and three wires of titanium nickelide. And in the case of samples with low-pressure polyethylene reinforced with two and three wires made of titanium nickelide, the applied load and structural rigidity significantly increased.

According to the results of three-point bending tests, mechanical properties (modulus of elasticity, limit of proportionality, limit of superelasticity and corresponding deformations of the considered composite materials) were determined. The dependences of these properties on the number of reinforcing elements and the type of matrix are obtained.

Due to the increased rigidity and the manifestation of a small superelastic deformation in CM with a matrix of low-pressure polyethylene reinforced with three wires of titanium nickelide, it is possible to use it in orthopedics, in particular, in the manufacture of dynamic walking splints. During the execution of the work, a prototype of the product was made.

Определение адгезионного взаимодействия защитных слоев (ZRB2 – SIC – MOSI2) с углерод- углеродной подложкой (C/Cs)

Бурлаченко А.Г., Мировой Ю.А., Буякова С.П.
ИФПМ СО РАН, г. Томск, Россия

Углерод-углеродные (C/Cs) композиты характеризуются низким удельным весом в сочетании с высокой прочностью, что определяет интерес к ним в качестве конструкционных материалов для летательных аппаратов, в том числе гиперзвуковых. Однако важным недостатком C/Cs композитов является низкая окислительная устойчивость в кислородосодержащей атмосфере, что определяет поиск путей их защиты от окисления. Защитные покрытия, наносимые на C/Cs композиты традиционными методами, имеют ограниченный ресурс эксплуатации в силу малой толщины и слабой адгезии с углеродом. Одним из решений проблемы эксплуатации конструкций из C/Cs композитов в условиях термических воздействий является создание на их основе слоистых композитов с поверхностью, препятствующей транспорту кислорода в объем материала. В качестве фронтального слоя, подвергающегося высокотемпературным воздействиям, наибольший

интерес представляют керамики на основе ZrB2 – SiC, характеризующиеся высокой термостойкостью в кислородосодержащей атмосфере.

Цель данной работы – изучение адгезионной прочности на межслоевых границах в материалах «керамика – C/Cs». В качестве защитных слоев на C/Cs композите использованы керамики ZrB2 MoSi2 SiC и ZrB2 – SiC.

Слоистые композиты получены спеканием основы C/Cs и керамического слоя состава ZrB2 MoSi2 SiC и состава ZrB2 – SiC под давлением 50 МПа с изотермической выдержкой в течение 30 минут при температуре 1900 оС в атмосфере аргона. Толщина C/Cs пластины составляла 3±0,5 мм, керамической пластины 1±0,2 мм.

Оценка межслоевой адгезии произведена при испытаниях на отрыв. Оснастка фиксировалась на поверхностях слоистых композитов посредством состава Poxipol. Результаты выражены отношением усилия отрыва к площади адгезионного слоя. Разработка оснастки и эксперимент проведены в соответствии со стандартом ASTM C633-79.

Прочность на отрыв слоистого композита (C/Cs)/(ZrB2 – SiC) составила 310 ± 35 Н/мм2, что превысило прочность на отрыв композита (C/Cs)/(ZrB2 –SiC – MoSi2), 250 ± 30 Н/мм2. На фактографических изображениях, полученных с помощью растровой электронной микроскопии, наблюдалось присутствие значительного количества (C/Cs), что свидетельствует о разрушении с расслоением углерод-углеродного композита.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ (СП-3 630.2019.3.)

Determination of the adhesive interaction of protective layers (ZRB2 – SIC – MOSI2) with a carbon substrate (C / Cs)

Burlachenko A.G., Mirovoy Y.A., Buyakova S.P.
ISPMS SB RAS, Tomsk, Russia

Carbon-carbon (C/Cs) composites are characterized by low specific gravity combined with high strength, which determines their interest as structural materials for aircraft, including hypersonic ones. However, an important disadvantage of C/Cs composites is their low oxidation stability in an oxygen-containing atmosphere, which determines the search for ways to protect them from oxidation. The protective coatings applied to C/Cs composites by traditional methods have a limited service life due to their small thickness and poor adhesion with carbon. One of the solutions to the problem of operation of structures made of C/Cs composites in conditions of thermal influences is creation on their basis of layered composites with the surface preventing oxygen transport into the volume of the material. Ceramics on the basis of ZrB2 - SiC, characterized by high thermal resistance in oxygen-containing atmosphere, are of the greatest interest as the frontal layer exposed to high-temperature influences.

The purpose of this work is to study the adhesive strength at the interlayer boundaries in the "ceramics – C/CC" materials. ZrB2 MoSi2 SiC and ZrB2 – SiC ceramics were used as protective layers on C/Cs composites.

The layered composites were obtained by sintering the C/Cs base and the ceramic layer of ZrB2 MoSi2 SiC and ZrB2 – SiC compositions under pressure of 50 MPa with isothermal aging for 30 minutes at 1900 oC in an argon atmosphere. The C/CS plate thickness was 3±0.5 mm, the ceramic plate 1±0.2 mm.

The interlayer adhesion was evaluated in the tear-off tests. The tooling was fixed on the surfaces of laminated composites by means of Poxipol composition. The results are expressed as a ratio of the pull-off force to the adhesive layer area. The tooling design and experiment were conducted in accordance with ASTM C633-79.

The tensile strength of the layered composite (C/Cs)/(ZrB2 – SiC) was 310 ± 35 N/mm2, which exceeded the tensile strength of the composite (C/Cs)/(ZrB2 – SiC – MoSi2), 250 ± 30 N/mm2. Factographic images obtained by scanning electron microscopy showed the presence of a significant amount of (C/Cs), indicating fracture with delamination of the carbon-carbon composite.

This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation (SP-3 630.2019.3.).

Влияние толщины многослойного покрытия CrN/CrAlN, нанесенного методом реактивного магнетронного напыления на постоянном токе

Быкадоров А.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Высокая твердость, низкий коэффициент трения, адгезионная прочность, износостойкость, коррозионная и жаростойкость – характеристики, которые всегда пытаются улучшить при разработке новых видов покрытий.

Метод физического осаждения из паровой фазы (PVD) хорошо показывает себя как метод создания различных покрытий. В последние время было разработано множество бинарных, тройных и четвертичных покрытий. Покрытия CrN демонстрируют интересные свойства, такие как хорошая химическая стабильность или износо- и коррозионная стойкость.

Покрытие CrN и CrAlN, синтезированное с помощью дуги с боковым вращением катода имеет лучшую стойкость к окислению, чем покрытие CrN. Кроме того, твердость CrAlN была выше (35 ГПа), чем твердость CrN (20 ГПа).

Многослойные покрытия CrN/CrAlN с различной толщиной бислоя были синтезированы методом реактивного магнетронного распыления на постоянном токе. Напряжение смещения подложки -500В использовалось для всех напылений. Общая толщина многослойных покрытий составляла около 2 мкм.

По количественному химическому состав монослоев CrN и CrAlN, полученных с помощью EDS-анализа, можно сказать, что покрытия CrN и CrAlN обладают низкой концентрацией кислорода. Наличие такого количества кислорода можно приписать к остаточному кислороду в камере.

При изменении количества бислоев от 1 до 4 шероховатость поверхности уменьшается с 34,9 до 22,5 нм. Многослойное покрытие с одним двойным слоем становится более неупорядоченным, чем многослойное с 4 бислоями. Это уменьшение шероховатости по мере увеличения количества бислоев может быть связано с уменьшением размера когерентного домена.

Твердость и модуль Юнга многослойного CrN/CrAlN возрастают с увеличением количества бислоев с 35 до 43 ГПа для твердости и с 361 до 402 ГПа для модуля Юнга. Многослойное покрытие с четырьмя двойными слоями и разной толщиной имеет наивысшую твердость покрытия (43 ГПа), что является хорошим показателем. Твердость покрытий увеличивается с уменьшением толщины двуслойного периода. Твердость монослоев CrN и CrAlN составляет соответственно 22 и 27 ГПа, что ниже, чем у многослойных покрытий. Увеличение твердости и модуля Юнга многослойных материалов можно объяснить уменьшением толщины каждого монослоя и использованием многослойных покрытий с толщиной в несколько десятков или сотен нанометров. Микроструктура зависит от размера периода бислоя, который приводит к улучшению механических свойств.

Effect of thickness of CrN/CrAlN multilayer coating applied by reactive magnetron sputtering at direct current

Bykadorov A.N.
MAI, Moscow, Russia

High hardness, low coefficient of friction, adhesion strength, wear resistance, corrosion and heat resistance are characteristics that are always trying to improve when developing new types of coatings.

The physical vapor deposition (PVD) method has proven to be a good method for creating a variety of coatings. Many binary, ternary and quaternary coatings have been developed in recent years. CrN coatings show interesting properties such as good chemical stability or wear and corrosion resistance.

CrN and CrAlN coatings synthesized by side-rotating cathode arcs have better oxidation resistance than CrN coatings. In addition, the hardness of CrAlN was higher (35 GPa) than that of CrN (20 GPa).

CrN/CrAlN multilayer coatings with different bilayer thicknesses were synthesized by DC reactive magnetron sputtering. A substrate bias voltage of -500V was used for all sputtering. The total thickness of the multilayer coatings was about 2 μm.

From the quantitative chemical composition of the CrN and CrAlN monolayers obtained by EDS analysis, we can say that the CrN and CrAlN coatings have a low concentration of oxygen. The presence of this amount of oxygen can be attributed to residual oxygen in the chamber.

By changing the number of bilayers from 1 to 4, the surface roughness decreases from 34.9 to 22.5 nm. A multilayer coating with one double layer becomes more disordered than a multilayer coating with 4 bilayers. This decrease in roughness as the number of bilayers increases may be due to a decrease in the size of the coherent domain.

The hardness and Young's modulus of CrN/CrAlN multilayer increases with increasing number of bilayers from 35 to 43 GPa for hardness and from 361 to 402 GPa for Young's modulus. A multilayer coating with four double layers and different thicknesses has the highest coating hardness (43 GPa), which is good. The hardness of the coatings increases as the thickness of the double layer period decreases. The hardness of CrN and CrAlN monolayers is 22 and 27 GPa, respectively, which is lower than that of multilayer coatings. The increase in hardness and Young's modulus of multilayer materials can be explained by the reduction in the thickness of each monolayer and the use of multilayer coatings with thicknesses of several tens or hundreds of nanometers. The microstructure depends on the size of the bilayer period, which leads to improved mechanical properties.

Анизотропия полимерных покрытий, индуцированная плазменным потоком

Васильева А.С., Жуков А.А., Керобян М.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Ориентированные полимерные покрытия используются в информационных системах устройств авионики (буквенно-цифровые индикаторы, ЖК дисплеи, оптические затворы и т.п). В настоящее время анизотропию поверхности в большинстве случаев получают с помощью однонаправленного натирания и фотоориентации обработкой поверхности поляризованным излучением. Однако продолжаются поиски нового более экономически и технологически выгодного метода получения ориентации полимеров.

Целью работы является оценка анизотропии смачивания поверхности полиимидного покрытия, направленно обработанного плазменным потоком.

В качестве объектов исследования использовали 5 подложек из стекла, на которых первым слоем был сформирован проводящий слой ITO толщиной 1200 Å, а второй слой – полиимидное покрытие. Подложки направленно обрабатывали низкотемпературной гетерогенной аргоновой атмосферной плазмой разным количеством циклов обработки: 5, 20, 40, 60 и 100 раз. Горелку держали под углом в 45◦ к поверхности на расстоянии 2-3 см.

В результате исследования методом «лежачей капли» с помощью цифрового микроскопа Levenhuk DTX 30 с максимальным увеличением 230X измерены краевые углы смачивания перпендикулярно и по направлению обработки. Степень анизотропии первого образца (5 циклов) составила 22%, второго образца (20 циклов) 20%, третьего образца (40 циклов) 14%, четвертого образца (60 циклов) 15%, пятого образца (100 циклов) 14%.

Таким образом, установлено, что с помощью низкотемпературной гетерогенной аргоновой атмосферной плазмы возможно получить анизотропию в 14-22%. При увеличении количества циклов степень анизотропии уменьшается. Полученные результаты позволяют обоснованно подходить к выбору технологии ориентантов устройств знакосинтезирующей электроники, используемых в сфере авионики.

Plasma flow induced anisotropy of polymer coatings

Vasileva A.S., Zhukov A.A., Kerobian M.S.
MAI, Moscow, Russia

Oriented polymer coatings are used in information systems of avionics devices (alphanumeric indicators, LCD displays, optical shutters, etc.). Currently, surface anisotropy in most cases is obtained using unidirectional rubbing and photoorientation by surface treatment with polarized

radiation. However, the search continues for a new, more economically and technologically advantageous method for obtaining polymer orientation.

The aim of this work is to assess the anisotropy of wetting of the surface of a polyimide coating, directed by a plasma flow.

As objects of study, we used 5 glass substrates, on which the first layer was formed by a conductive ITO layer with a thickness of 1200 Å, and the second layer was a polyimide coating. The substrates were directionally treated with a low-temperature heterogeneous argon atmospheric plasma with a different number of treatment cycles: 5, 20, 40, 60, and 100 times. The burner was held at an angle of 45 ° to the surface at a distance of 2-3 cm.

As a result of the study by the “lying drop” method using a Levenhuk DTX 30 digital microscope with a maximum magnification of 230X, the contact angles were measured perpendicularly and in the direction of processing. The degree of anisotropy of the first sample (5 cycles) was 22%, the second sample (20 cycles) 20%, the third sample (40 cycles) 14%, the fourth sample (60 cycles) 15%, the fifth sample (100 cycles) 14%.

Thus, it has been established that with the help of a low-temperature heterogeneous argon atmospheric plasma it is possible to obtain anisotropy of 14-22%. As the number of cycles increases, the degree of anisotropy decreases. The results obtained make it possible to reasonably approach the choice of the technology of orienting devices for sign-synthesizing electronics used in the field of avionics.

Термомеханическое поведение композиционного материала с матрицей из силиконовой резины, армированной проволокой из сплава на основе никелида титана

Виноградов Р.Е., Бурдин Д.В., Рябов И.М., Гусев Д.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Силиконовая резина является прекрасным материалом для матрицы композитов, предназначенных для изготовления исполнительных элементов, проявляющих эффект запоминания формы (ЭЗФ). Однако, характеристики работоспособности таких композиционных материалов (КМ) изучены недостаточно полно. Поэтому в работе в качестве объектов исследования использовали образцы КМ толщиной 5 мм с матрицей из двухкомпонентного самоотверждающегося силикона и армирующим наполнителем из проволоки (диаметром 1,3 мм) из сплава Ti-55,7%Ni. Проволоку подвергали термической обработке, чтобы обеспечить температуры восстановления формы (ВФ) в интервале от 45 до 52°С. Часть проволочных заготовок была использована для изготовления образцов КМ с объемной долей армирующего наполнителя 6 и 9%, а другая часть была подвергнута измерению характеристик ЭЗФ. Было установлено, что при деформации проволоки изгибом критическая деформация, соответствующая началу накопления в сплаве невосстановленной деформации при реализации ЭЗФ, составляет 9%.

Измерения характеристик ЭЗФ образцов КМ проводили путем их деформации изгибом на заданную степень деформации и последующем нагревом в свободном состоянии. При этом измеряли температуры восстановления формы, а также деформацию, восстановленную при разгрузке и последующем нагреве образцов. Установлено, что при деформациях меньше 20% при разгрузке восстанавливается не более 2-3%. Остальная деформация полностью восстанавливается при нагреве до температур ВФ сплава. При деформациях свыше 20% в образцах композита наблюдали значительный рост деформации, восстанавливаемой при разгрузке, до 16%, а также расширение температурного интервала ВФ, что обусловлено влиянием упругих напряжений, возникающих в силиконовой матрице. Появление невосстановленной деформации в образцах композитов наблюдали при 36-38%.

Кроме объемной доли армирующих элементов и свойств матрицы, на силовые характеристики композиционного материала влияет соотношение температуры испытаний с температурами мартенситного превращения в армирующем сплаве, а также структурное состояние В2-матрицы сплава. От этого будут зависеть не только критические напряжения и деформации, но и модуль упругости и фазовый предел текучести армирующего сплава.

Поэтому силовыми характеристиками композита можно управлять путем выбора свойств сплава на основе никелида титана, а также его объемной доли.

Thermomechanical behavior of a composite material with a silicone rubber matrix reinforced with titanium nickelide alloy wire

Vinogradov R.E., Burdin D.V., Ryabov I.M., Gusev D.E.
MAI, Moscow, Russia

Silicone rubber is an excellent material for the matrix of composites intended for the manufacture of actuators that exhibit the effect of shape memorization (ESF). However, the performance characteristics of such composite materials (CM) have not been fully studied. Therefore, in the work, 5 mm thick CM samples with a matrix of two-component self-curing silicone and a reinforcing filler made of wire (1.3 mm in diameter) made of Ti-55.7%Ni alloy were used as objects of research. The wire was subjected to heat treatment to provide shape recovery temperatures (VF) in the range from 45 to 52 ° C. Part of the wire blanks was used to manufacture CM samples with a volume fraction of reinforcing filler of 6 and 9%, and the other part was subjected to measurement of the characteristics of the ESF. It was found that when the wire is deformed by bending, the critical deformation corresponding to the beginning of the accumulation of unrecoverable deformation in the alloy during the implementation of ESF is 9%.

Measurements of the ESF characteristics of CM samples were carried out by bending them to a given degree of deformation and subsequent heating in a free state. At the same time, the temperatures of mold restoration were measured, as well as the deformation restored during unloading and subsequent heating of the samples. It is established that with deformations of less than 20%, no more than 2-3% is restored during unloading. The remaining deformation is completely restored when heated to the temperatures of the VF alloy. With deformations over 20% in the composite samples, a significant increase in the deformation recovered during unloading up to 16% was observed, as well as an expansion of the temperature range of the VF, due to the influence of elastic stresses arising in the silicone matrix. The appearance of unrecoverable deformation in composite samples was observed at 36-38%.

In addition to the volume fraction of the reinforcing elements and the properties of the matrix, the strength characteristics of the composite material are affected by the ratio of the test temperature to the temperatures of martensitic transformation in the reinforcing alloy, as well as the structural state of the B2 matrix of the alloy. This will affect not only the critical stresses and deformations, but also the modulus of elasticity and the phase yield strength of the reinforcing alloy. Therefore, the strength characteristics of the composite can be controlled by selecting the properties of an alloy based on titanium nickelide, as well as its volume fraction.

Влияние состава матрицы на прочность углеалюминия

Галышев С.Н.
ИФТТ РАН, г. Черноголовка, Россия

Композит с алюминиевой матрицей и углеродным волокном представляет интерес с точки зрения замены алюминиевых сплавов. Это особенно актуально для приложений, где, по какой-то причине, алюминиевые силовые узлы конструкций не могут быть заменены легким и прочным углепластиком. К таким приложениям относятся силовые узлы конструкции планера самолета и других летательных аппаратов. При этом легкий и прочный углепластик также не может быть использован в указанных конструкциях из-за недостаточной трещиностойкости.

Первостепенным вопросом технологии углеалюминиевого композита является контроль химического взаимодействия на границе матрицы и волокно, особенно это актуально для жидкофазной технологии. В процессе упомянутого взаимодействия происходит образование карбида алюминия, что в значительной степени приводит к снижению прочности композита.

Решение упомянутой проблемы возможно несколькими способами, среди которых нанесение барьерных покрытий, сокращение времени контакта волокна с расплавом, подбор химического состава матрицы. Кроме того, из работ [1, 2], посвященных аналогичному композиту с алюминиевой матрицей и оксидным волокном, известно, что прочность

композита увеличивается по мере уменьшения сдвиговой прочности алюминиевой матрицы. Прочность такого композита достигает наибольшего зафиксированного значения в случае использования чистого алюминия, обладающего наименьшей сдвиговой прочностью. Аналогичная тенденция наблюдается и в случае армирования алюминиевой матрицы углеродным волокном [3]. В обоих упомянутых случаях, даже при использовании в качестве матрицы наименее прочного чистого алюминия, эффективная прочность волокна не достигает своего наибольшего значения. Логично предположить, что это станет возможным при дальнейшем снижении прочности матрицы.

В свете вышесказанного, в докладе рассматриваются механизмы влияния химического состава матрицы углеалюминиевого композита на его прочность, которая, согласно экспериментальным данным, достигает 3 ГПа в направлении армирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-00004 Композит с алюминиевой матрицей и углеродным волокном).

Литература:

1. Deve H.E., McCullough C. Continuous-fiber reinforced composites: A new generation. // JOM – 1995. – № 47. – P. 33–37.

2. Du Z.Z., McMeeking R.M. Control of Strength Anisotropy of Metal Matrix Fiber Composites // J. Computer Aided Milterials Design – 1993. – № 1. – P. 243–264.

3. Galyshev S. On the Strength of the CF/Al-Wire Depending on the Fabrication Process Parameters: Melt Temperature, Time, Ultrasonic Power, and Thickness of Carbon Fiber Coating // Metals – 2021. –№ 11. – P. 1–11.

Effect of the matrix composition on the strength of CF/Al-composite

Galyshev S.N.

ISSP RAS, Cernogolovka, Russia

A composite with an aluminum matrix and carbon fiber is of interest from the point of view of replacing aluminum alloys. This is especially true for applications where, for some reason, aluminum structural members cannot be replaced with lightweight and durable CFRP. Such applications include the structural components of the airframe of an aircraft and other aircraft. At the same time, lightweight and durable carbon fiber reinforced plastic also cannot be used in these structures due to insufficient crack resistance.

The primary issue of the technology of the carbon-aluminum composite is the control of the chemical interaction at the interface between the matrix and the fiber, this is especially important for liquid-phase technology. In the process of the mentioned interaction, the formation of aluminum carbide occurs, which largely leads to a decrease in the strength of the composite.

The solution to this problem is possible in several ways, including the application of barrier coatings, reduction of the time of contact of the fiber with the melt, and selection of the chemical composition of the matrix. In addition, from works [1, 2], devoted to a similar composite with an aluminum matrix and oxide fiber, it is known that the strength of the composite increases as the shear strength of the aluminum matrix decreases. The strength of such a composite reaches its highest recorded value in the case of using pure aluminum, which has the lowest shear strength. A similar trend is observed in the case of the reinforcement of an aluminum matrix with carbon fiber [3]. In both of these cases, even when the least strong pure aluminum is used as a matrix, the effective fiber strength does not reach its highest value. It is logical to assume that this will become possible with a further decrease in the strength of the matrix.

In light of the above, the report examines the mechanisms of the influence of the chemical composition of the matrix of the carbon-aluminum composite on its strength, which, according to experimental data, reaches 3 GPa in the direction of reinforcement. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project No. 20-79-00004 Composite with an aluminum matrix and carbon fiber).

References:

1. Deve H.E., McCullough C. Continuous-fiber reinforced composites: A new generation. // JOM - 1995. - No. 47. - P. 33–37.

2. Du Z.Z., McMeeking R.M. Control of Strength Anisotropy of Metal Matrix Fiber Composites // J. Computer Aided Milterials Design - 1993. - No. 1. - P. 243–264.
3. Galyshev S. On the Strength of the CF / Al-Wire Depending on the Fabrication Process Parameters: Melt Temperature, Time, Ultrasonic Power, and Thickness of Carbon Fiber Coating // Metals - 2021. –№ 11. - P. 1 -eleven.

Разработка методики прогнозирования остаточных напряжений в полуфабрикатах и изделиях авиакосмического назначения

Гордеева М.И., Филиппов Д.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Впервые для разработки сверхлегких алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Li, использованы количественные критерии, основанные на оригинальной методике количественного фазового анализа, основанной на экспериментальном определении периодов решетки твердого раствора, зависимости этих периодов решетки от концентрации легирующих элементов (законе Вегарда) и уравнениях баланса химического и фазового состава. Разработанная методика и прошедшие государственную регистрацию расчетные программы позволили выявить критерии для разработки сплавов для различных областей применения: для высокопрочных сплавов это повышенное отношение концентраций Cu/Li, которое обеспечивает повышенную долю T1-фазы; для сплавов с повышенными упругими свойствами требуется пониженное отношение Cu/Li , обеспечивающее увеличение доли δ'-фазы. Эффективность микролегирования сплавов Er основано на обнаруженном комплексном механизме повышения прочности и жесткости за счет контролируемого распределения Er между дисперсными частицами Al3Er, обеспечивающими эффект упрочнения и δ'-фазой (Al3Li1-xErx), обеспечивающей повышение модуля Юнга путем замещения лития эрбием, что повышает модуль Юнга сплава, т.к. доля δ'-фазы в сплавах с 2-3% Li превышает 20%.

В настоящее время ведется разработка для сплавов системы алюминий-литий с использованием метода КФА, рентгеновской тензометрии и исследования текстуры физической модели и методики прогнозирования остаточных напряжений в полуфабрикатах и изделиях авиакосмического назначения на основе количественной оценки размерных эффектов в процессах затвердевания слитков, деформации, термообработки и сварки с учетом объемных и линейных эффектов фазовых превращений, текстуры, когерентности и ориентационных соотношений между решетками твердого раствора, и интерметаллидов. В результате выполнения работы будут установлены закономерности влияния химического состава сплава, соотношения интерметаллидных фаз и текстуры на формирование остаточных напряжений в сварных соединениях, слитках и толстых плитах из сплавов Al-Cu-Li.

Developing method for predicting residual stresses in semi-finished products and aerospace products

Gordeeva M.I., Filippov D.S.
MAI, Moscow, Russia

For the first time for the development of ultra-light aluminum alloys of the Al-Cu-Li system, quantitative criteria were used based on the original method of quantitative phase analysis based on the experimental determination of the lattice periods of a solid solution, the dependence of these lattice periods on the concentration of alloying elements (Vegard's law) and chemical balance equations and phase composition. The developed methodology and the computational programs that have passed the state registration made it possible to identify criteria for the development of alloys for various fields of application: for high-strength alloys, this is an increased ratio of Cu/Li concentrations, which provides an increased proportion of the T1-phase; for alloys with increased elastic properties, a lower Cu/Li ratio is required, which ensures an increase in the proportion of the δ'-phase. The efficiency of microalloying Er alloys is based on the discovered complex mechanism of increasing the strength and rigidity due to the controlled distribution of Er between dispersed particles of Al3Er, which provide the hardening effect and the δ'-phase (Al3Li1-xErx), which

provides an increase in Young's modulus by replacing lithium with erbium, which increases Young's modulus alloy, because the proportion of the δ'-phase in alloys with 2-3% Li exceeds 20%.

Currently, development is underway for alloys of the aluminum-lithium system using the CFA method, X-ray tensometry and the study of the texture of the physical model and the method for predicting residual stresses in semi-finished products and aerospace products based on a quantitative assessment of size effects in the processes of solidification of ingots, deformation, heat treatment and welding. taking into account the volumetric and linear effects of phase transformations, texture, coherence and orientation relationships between the lattices of the solid solution and intermetallic compounds. As a result of the work, the regularities of the influence of the chemical composition of the alloy, the ratio of intermetallic phases and texture on the formation of residual stresses in welded joints, ingots and thick plates from Al-Cu-Li alloys will be established.

Разработка пакета прикладных программ для прогнозирования температуры полиморфного превращения слитков титановых сплавов

[1]Егорова Ю.Б., [2]Давыденко Л.В., [1]Челпанов А.В., [1]Каратаева Е.С.
[1]МАИ, [2]Московский политех, г. Москва, Россия

Температура α+β/β-перехода или температура полиморфного превращения (ТПП) является важной физической и технологической характеристикой титановых сплавов. Она определяет технологические параметры получения титановых деформированных полуфабрикатов с заданной структурой, температурные режимы горячей обработки давлением и термической обработки и т.п. Для ее определения используются довольно трудоемкие методы, такие, как метод пробных закалок, структурно-аналитический метод, термографический и др. В последние годы интенсивно развиваются расчетные методы определения ТПП. Одним из возможных способов количественной оценки ТПП является статистический метод прогнозирования в зависимости от химического состава сплавов с заданной надежностью и точностью.

В Ступинском филиале МАИ проводится научно-исследовательская работа по созданию автоматизированной информационной системы (АИС) «Титановые сплавы». Система содержит стандартные справочные данные о титановых сплавах, дополнительные научные и технологические сведения, которые отсутствуют в нормативной документации, классификатор марок; также поддерживается возможность оперативного поиска данных по различным параметрам. В настоящий момент в рамках этого проекта проводится разработка пакета прикладных программ для автоматизированного расчета ТПП титановых сплавов по конкретному химическому составу слитков.

В ходе данной работы были собраны и обобщены данные, приведенные в сертификатах около 4000 слитков 20 марок титановых сплавов промышленного производства, проведен статистический анализ зависимости ТПП от содержания основных компонентов, примесей и структурных эквивалентов по алюминию и молибдену для частной партии слитков каждого сплава и для всех исследованных сплавов в целом. Для статистического анализа использовали ППП «Statistica 10». Проверку значимости коэффициентов регрессии и множественной корреляции, а также адекватности регрессионных моделей проводили с доверительной вероятностью 0,95. Полученные модели, а также соотношения, разработанные разными авторами, статистически сравнивали с экспериментальными данными на основе «кросс-теста». Для контрольных выборок использовали партии промышленных полуфабрикатов и литературные данные. В настоящее время ведется разработка пользовательского интерфейса АИС «Титановые сплавы» для расчёта ТПП слитков различных сплавов и дальнейшего использования результатов работы.

Development of a software package for predicting the temperature of polymorphic transformation of titanium alloy ingots

[1]Egorova Y.B., [2]Davidenko L.V., [1]Chelpanov A.V., [1]Karataeva E.S.
[1]MAI, [2]Moscow Poytech, Moscow, Russia

The β-transus temperature or polymorphic transformation temperature (PTT) is an important physical and technological characteristic of titanium alloys. It determines the technological parameters for obtaining titanium deformed semi-finished products with a given structure, temperature regimes of hot forming and heat treatment, etc. To determine it, rather labor-consuming methods are used, such as the method of sample hardening, structural-analytical method, thermographic method, etc. In recent years, computational methods of determining PTT have been intensively developed. One of the possible ways to quantify PTT is a statistical method of prediction depending on the chemical composition of alloys with a given reliability and accuracy.

At Stupino branch of MAI the research work on creation of automated information system (AIS) "Titanium alloys" is carried out. The system contains standard reference data on titanium alloys, additional scientific and technological information that is not available in the normative documentation, classifier of grades; it also supports the possibility of quick data search by different parameters. At the moment, within the framework of this project, the development of the package of applied programs for automated calculation of PTT of titanium alloys according to the specific chemical composition of the ingots is being carried out.

In the course of this work, the data given in the certificates of about 4000 ingots of 20 brands of titanium alloys of industrial production were collected and summarized, statistical analysis of the dependence of PTT on the content of major components, impurities and structural equivalents for aluminum and molybdenum for a private batch of ingots of each alloy and for all the alloys studied as a whole was conducted. For statistical analysis, we used Stat Soft “Statistica 10”. The significance of regression coefficients and multiple correlation, as well as the adequacy of regression models were checked with confidence probability 0.95. The obtained models, as well as the relationships developed by different authors, were statistically compared with the experimental data on the basis of the "cross-test". For control samples, batches of industrial semi-finished products and literature data were used. Currently, the user interface of AIS "Titanium alloys" is being developed to calculate the PTT of ingots of different alloys and to further use the results of the work.

Перспективы применения фракталов для модификации деталей самолётов

Жихарев Л.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Производство современной авиационной техники требует разработки деталей минимального веса при заданных прочностных характеристиках. Существуют исследования, в которых демонстрируется, что снижение массы транспортного самолёта определённой модели может привести к экономии до 50 тонн топлива в год при совершении авиаперевозок самолётами данной модели.

Существует два основных способа снижения массы деталей: за счёт применения новых материалов и при помощи модификации формы. При помощи геометрии задача решается вторым способом.

Наиболее известным способ модификации формы на современном этапе является оптимизация топологии, однако в рамках данного выступления рассматривается её альтернатива – фрактальный метод. Фрактальный метод определяется через итеративное повторение успешного геометрического приёма повышения прочности конструкции на её разных масштабных уровнях.

В исследовании использовались конструкции, созданные на основе треугольника Серпинского. Его построение сводится к соединению середин сторон треугольника новыми отрезками, а затем соединению середин сторон трёх крайних треугольников, образованных после первой итерации. Преимуществом такой структуры является то, что в каждой новой итерации построения фрактальной структуры длина элемента сокращается вдвое, а значит, в соответствии с уравнением Эйлера для критической нагрузки, её теоретическая устойчивость

возрастает в четыре раза. Созданные таким образом фрактальные решётки применимы для предотвращения потери устойчивости деталей.

В рамках исследований были проведены прочностные расчёты фракталов с использованием моделей теории сопротивления материалов, затем численные эксперименты на конечноэлементной модели в программе SolidWorka, а также прочностные исследования пластиковых моделей фракталов, распечатанных на 3D-принтере.

Исследования на всех трёх этапах подтвердили эффективность использования фракталов, что позволило применить решётку Серпинского для модификации типовой детали механизации крыла – рельсы предкрылка. За счёт внедрения фрактальных структур удалось снизить массу детали на 5,2 %

Полученные результаты показали перспективы применения фракталов Серпинского в проектировании лёгких и прочных деталей. Это делает актуальным дальнейшее исследование в области применения и других типов фракталов.

Литература:

1. Егер С. М., Матвеенко А. М., Шаталов И. А. Основы авиационной техники //М.: Машиностроение. – 2003. – С. 278-279.

2. Самойлов И. А., Страдомский О. Ю., Шапкин В. С. Развитие парка самолетов российских авиакомпаний //Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2012. – №. 2. – С. 7.

3. Камардина Н. В. и др. Топологическая оптимизация детали «Серьга» //Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – Т. 21. – №. 1

4. Оганесян П. А., Шевцов С. Н. Оптимизация топологии конструкций в пакете ABAQUS //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – №. 6-2.

5. Aage N. et al. Giga-voxel computational morphogenesis for structural design //Nature. – 2017. – Т. 550. – №. 7674. – С. 84-86.

6. Жихарев Л. А. Фрактальные графики эффективности оптимизации топологии в решении проблемы зависимости прочности от сетки //Геометрия и графика. – 2020. – Т. 8. – №. 3. – С. 25-35.

7. Zhikharev L. A. A Sierpiński triangle geometric algorithm for generating stronger structures //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1901. – №. 1. – С. 012066.

Prospects for the use of fractals for the modification of aircraft parts

Zhikharev L.A.

MAI, Moscow, Russia

The production of modern aviation equipment requires the development of minimum weight parts with specified strength characteristics. There are studies that demonstrate that reducing the weight of a transport aircraft of a certain model can lead to savings of up to 50 tons of fuel per year when performing air transportation by aircraft of this model.

The most well-known method of shape modification at the present stage is topology optimization, however, within the framework of this presentation, its alternative is considered – the fractal method. The fractal method is determined through iterative repetition of a successful geometric technique for increasing the strength of a structure at its different scale levels.

The study used constructions based on the Sierpinski triangle. Its construction is reduced to connecting the midpoints of the sides of the triangle with new segments, and then connecting the midpoints of the sides of the three extreme triangles formed after the first iteration. The advantage of such a structure is that in each new iteration of the fractal structure construction, the length of the element is reduced by half, which means, in accordance with the Euler equation for critical load, its theoretical stability increases fourfold. Fractal lattices created in this way are applicable to prevent the loss of stability of parts.

As part of the research, strength calculations of fractals were carried out using models of the theory of resistance of materials, then numerical experiments on a finite element model in the SolidWorka program, as well as strength studies of plastic models of fractals printed on a 3D printer.

Studies at all three stages confirmed the effectiveness of the use of fractals, which made it possible to use the Serpinsky grid to modify a typical part of wing mechanization - slat rails. Due to the introduction of fractal structures, it was possible to reduce the mass of the part by 5.2 %

The obtained results showed the prospects of using Sierpinski fractals in the design of lightweight and durable parts. This makes it relevant to further research in the field of application of other types of fractals.

References:

1. Yeger S. M., Matveenko A.M., Shatalov I. A. Fundamentals of aviation technology //Moscow: Mashinostroenie. - 2003. - pp. 278-279.

2. Samoilov I. A., Stradomsky O. Yu., Shapkin V. S. Development of the fleet of aircraft of Russian airlines //Scientific Bulletin of GosNII GA. – 2012. – №. 2. – P. 7.

3. Kamardina N. V. et al. Topological optimization of the "Earring" de-tali //Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Research. - 2020. - Vol. 21. - No. 1

4. Oganesyan P. A., Shevtsov S. N. Optimization of the topology of structures in the ABAQUS package //Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2014. - Vol. 16. - no. 6-2.

5. Aage N. et al. Giga-voxel computational morphogenesis for structural design //Nature. - 2017. - Vol. 550. - No. 7674. - pp. 84-86.

6. Zhikharev L. A. Fractal graphs of topology optimization efficiency in solving the problem of strength dependence on the grid //Geometry and graphics. - 2020. - Vol. 8. - No. 3. - pp. 25-35.

7. Zhikharev L. A. A Sierpiński triangle geometric algorithm for generating stronger structures //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1901. – №. 1. – С. 012066.

Объемная анизотропия полиимидных пленок

Жуков А.А., Лунев И.В., Исраилова Н.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Функциональное назначение полимерного материала тесно связано с его физическими и химическими свойствами. Метод ориентационной вытяжки позволяет искусственно создавать анизотропию физических свойств: термических, механических, электрических и многих других. Метод механического натирания (метод Шатлена) тонких пленок аналогичен методу ориентационной вытяжки, так как также позволяет индуцировать анизотропию межфазной энергии полимерного материала. Однако современные исследования располагают недостаточным количеством сведений об изменении физических свойств объема тонкой полимерной пленки при механическом натирании, что определяет актуальность работы.

Целью работы является экспериментальное подтверждение влияния механического натирания поверхности тонких полимерных пленок разной толщины на индуцирование объемной анизотропии физико-химических свойств.

Объектами исследования были полиимидные пленки с толщинами 20 и 40 мкм марки ПМ-1 производства АО «Межотрослевой институт переработки пластмасс» – НПО «Пластик». Полиимидные пленки были подвергнуты и не подвергнуты механическому натиранию с одной стороны. Количество циклов натираний составляло 200.

Появление объемной анизотропии пленок оценивали измерением краевых углов смачивания водой обеих сторон ненатертых (контрольных) и натертых образцов. Диаметр капли воды: 1 мм; время между нанесением жидкости и измерением краевых углов смачивания: 60 секунд.

Для определения краевых углов смачивания использовали цифровой микроскоп Levenhuk DTX 30 с максимальным увеличением 230х.

Результаты, полученные при измерении краевых углов смачивания поверхностей натертых и ненатертых образцов разной толщины показало, что механическое натирание уменьшает краевые углы смачивания натертых сторон образцов обеих толщин. Измерения краевых углов смачивания немодифицированных поверхностей пленок выявило увеличение смачивания водой, при этом наибольший эффект наблюдался у пленок с толщиной 20 мкм.

Таким образом, установлено, что одностороннее механическое натирание полиимидных пленок приводит к объемной анизотропии свойств, изменение которых зависит от толщины пленки. Наибольшие изменения объемных свойств претерпевают натертые полиимидные пленки толщиной 20 мкм.

Volumetric anisotropy of thin polyimide films

Zhukov A.A., Lunyov I.V., Israilova N.N.
MAI, Moscow, Russia

The functional purpose of the polymer material is closely related to its physical and chemical properties. Method of orientation drawing allows artificially create anisotropy of physical properties: thermal, mechanical, electrical and many others. The method of mechanical rubbing (Chatelain method) of thin films is close to the method of orientation drawing, since it also allows to induce anisotropy of the interfacial energy of the polymer material. However, modern researches have insufficient amount of information about changes in the physical properties of the volume of a thin polymer film, which determines the relevance of this work.

The aim of this work is to experimentally confirm the effect of mechanical rubbing of the surface of thin polymer films of different thicknesses on inducing volumetric anisotropy of physicochemical properties.

Objects of research: polyimide films with thicknesses of 20 and 40 micrometers of the PM-1 brand were obtained from JSC Intersectoral Institute of Plastics Processing RPA “PLASTIC”, Russia. Some of the polyimide films were mechanically rubbed from one side; number of rubbing cycles: 200.

Induction of volumetric anisotropy of the films was evaluated by measuring the contact angles of water on both sides of the unmodified and rubbed samples. Diameter of a water drop: 1 mm; the time between applying the liquid and measuring the contact angles: 60 seconds.

Determination of contact angles was carried out by the digital microscope Levenhuk DTX 30 with a maximum magnification of 230x.

The results obtained by measuring the contact angles of the rubbed and unmodified surfaces samples with different thicknesses showed that mechanical rubbing decreased the value of contact angles of the rubbed sides of samples of both thicknesses. Measurements of the wetting edge angles of the unmodified surfaces revealed an increase in values of contact angles, and the greatest effect was observed in the films with a thickness of 20 microns.

According to the obtained data, mechanical rubbing of one surface of polyimide films leads to volumetric anisotropy of properties, the change of which depends on the thickness of the film. Polyimide films with a thickness of 20 microns undergo the greatest changes in volumetric properties.

Определение оптимального химического состава псевдо-β-сплава для изготовления подшипников

Зайнетдинова Г.Т., Сарычев С.М., Гуртовая Г.В., Заиров А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Повышение срока службы и надежности узлов трения машин и механизмов представляет собой актуальную задачу. Сплавы на основе титана обладают высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью и могут работать при высоких температурах в контакте со смазочными материалами[1]. Титановые сплавы псевдо-β класса обладают рядом эксплуатационных особенностей: высокой технологической пластичностью при ОМД и высокой твердостью, близкой к твердости сталей. Возможность их использования для изготовления подшипников является интересной научной проблемой.

В рамках представленной работы было выплавлено 5 плавок титановых сплавов с повышенным содержанием β-стабилизаторов. Выбор легирования определялся следующими соображениями: содержание алюминия не должно превышать 5,5-6,5% (масс.) во избежание охрупчивания сплава; количество ванадия и молибдена ограничено 2,5 и 1,5%, соответственно, что повышает прочность сплава без существенного снижения пластичности [2]. Хром, в количестве до 2%, и железо – 4,5% - сильно упрочняют β-фазу, однако превышение этих концентраций приводит к охрупчиванию сплава из-за выделения

интерметаллидов TiCr2 и TiFe2[2]. Содержание нейтральных упрочнителей (олова и циркония) в сплаве составляет 1,5-2,5%, что приводят к увеличению прочности за счет твердорастворного упрочнения α- и β-фаз, но при этом пластичность сплава практически не изменяется [3]. При содержании Sn и Zr более 2,5% происходит ухудшение его пластичности. Введение в сплав углерода (0,15-0,5%) позволяет значительно повысить твердость сплава и выдерживать высокие контактные нагрузки при качении.

Анализ микроструктуры слитков показал, что структура сплавов, содержащих в сумме более 4,5% β-эвтектоидных стабилизаторов, характеризуется большой микрохимической неоднородностью, устранить которую отжигом сложно. Для сплавов, содержащих 0,3% и 0,5% С, было обнаружено появление трещин на слитках после их охлаждения до комнатной температуры.

Таким образом, анализ структуры пяти экспериментальных плавок позволил выбрать три состава для проведения дальнейших исследований:

1) Ti-6Al-4V-1Mo-1Cr-3,5Fe.

2) Ti-6Al-4V-1Mo-1Cr-3,5Fe-2Sn-2Zr.

3) Ti-6Al-4V-1Mo-1Cr-3,5Fe-2Sn-2Zr-0,15C.

Металлографический анализ этих сплавов в литом состоянии показал, что структура однородна и характеризуется большими β-зернами и дисперсными частицами α-фазы, выделяющимися из β-фазы в процессе охлаждения слитков до комнатной температуры. Количество выделяющейся α-фазы зависит от химического состава сплава. В сплаве 1 выделяется большое количество α-фазы. В сплаве 2 присутствует незначительное количество отдельных частиц α-фазы. В структуре сплава, легированного углеродом, большее количество α-фазы, но ее размер больше, чем в сплаве 1, т.к. начало выделения α-фазы происходит при более высоких температурах.

Различие в твердости сплавов в литом состоянии зависит от количества выделившейся α-фазы и степени ее дисперсности. В сплаве 1 более мелкие частицы обеспечивают более высокую твердость 48 HRC. Для сплава 2 – 35,5, для сплава 3 – 41,5.

Литература:

1. Полюшкин Н.Г. Основы трения, износа и смазки. Красноярск, 2013. с.192.

2. Скворцова С.В., Гвоздева О.Н., Пожога О.З., Слезов С.С., Ягудин Т.Г. Водородная технология как эффективный технологический способ управления структурой, механическими и технологическими свойствами сплавов на основе титана и алюминида титана.// Титан , 2016, №4, с. 49-53.

2. Цвиккер У, Титан и его сплавы / - М.: Металлургия, 1979. -С. 512.

Determination of the optimal chemical composition of a pseudo-β-alloy for the manufacture of bearings

Zaynetdinova G.T., Sarychev S.M., Gurtovaya G.V., Zairov A.V.
MAI, Moscow, Russia

Increasing the service life and reliability of friction units of machines and mechanisms is an urgent task. Titanium-based alloys have high specific strength and corrosion resistance and can work at high temperatures in contact with lubricants[1]. Titanium alloys of the pseudo-β class have a features: high technological plasticity at OMD and high hardness, close to the hardness of steels. The possibility of their use for the manufacture of bearings is an interesting scientific problem.

Within the framework of the presented work, 5 smelts of titanium alloys with an increased content of β-stabilizers were smelted. The choice of alloying was determined by the following considerations: the Al content should not exceed 5.5-6.5% (wt.) to avoid embrittlement of the alloy; the amount of V and Mo is limited to 2.5 and 1.5%, respectively, which increases the strength of the alloy without reducing ductility [2]. Cr, in an amount of up to 2%, and Fe – 4.5% – strongly strengthen the β-phase, however, exceeding these concentrations leads to embrittlement of the alloy due to the release of intermetallides TiCr2 and TiFe2[2]. The content of neutral hardeners (Sn and Zr) in the alloy is 1.5-2.5%, which leads to an increase in strength due to the solid hardening of the α- and β-phases, but the plasticity of the alloy practically does not change [3]. If the content of Sn and Zr is more than

2.5%, its plasticity deteriorates. The introduction of carbon into the alloy (0.15-0.5%) makes it possible to significantly increase the hardness of the alloy and withstand high rolling contact loads. The analysis of the ingot microstructure showed that the structure of alloys containing in total more than 4.5% of β-eutectoid stabilizers is characterized by a large microchemical heterogeneity, which is difficult to eliminate by annealing. For alloys containing 0.3%-0.5%C, cracks were detected on the ingots after they were cooled to room temperature.

Therefore, we selected three compositions of titanium alloys for further research:

1)Ti-6Al-4V-1Mo-1Cr-3,5Fe.

2)Ti-6Al-4V-1Mo-1Cr-3,5Fe-2Sn-2Zr.

3)Ti-6Al-4V-1Mo-1Cr-3,5Fe-2Sn-2Zr-0,15C.

Metallographic analysis of alloys in the cast state showed that the structure is homogeneous and characterized by large β-grains and dispersed α-phase particles released from the β-phase during the cooling of ingots to room temperature. The amount of a-phase released depends on the chemical composition of the alloy. A large amount of α-phase is released in alloy 1.

There is a small amount of individual α-phase particles in alloy 2. There is a greater amount of α-phase in the structure of the cfrbon-doped alloy, but its size is larger than in alloy 1, since the beginning of the release of the α-phase occurs at higher temperatures.

The difference in the hardness of alloys in the cast state depends on the amount of a-phase released and the degree of its dispersion. In alloy 1, the finer particles provide a higher hardness of 48 HRC. For 2 - 35.5, for 3 - 41.5.

References:

1. N.G. Polyushkin. Fundamentals of the theory of friction, wear and lubrication. Krasnoyarsk, 2013 .-194 p.

2. Skvortsova S.V., Gvozdeva O.N., Pozhoga V.A.[et al.] Hydrogen technology as an effective technological method for controlling the structure, mechanical and technological properties of alloys based on titanium and titanium aluminide.// Titanium , 2016, №4, p. 49-53.

3. Zwicker U, Titanium and its alloys / U. Zwicker - M.: Metallurgy, 1979. -P. 512.

Подход к выбору углеродного волокна для стержневых УУКМ с улучшенными характеристиками

[1]Зайченко О.В., [2]Лахин А.В., [1]Тащилов С.В.

[1]АО «Композит», г. Королёв; [2]МАИ, г. Москва, Россия

Одним из ключевых направлений повышения физико-механических характеристик (ФМХ) углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) видится в применении новых подходов для улучшения свойств его армирующего каркаса. В основе предложенного в настоящей работе подхода лежит исследование более широкого спектра характеристик углеродных волокон и оценка их влияния на свойства УУКМ.

Известно, что температура обработки волокна существенно влияет на его свойства, а также УУКМ на их основе. В настоящей работе установлено, что углеродные волокна, полученные в результате высокотемпературной обработки, обладают преимуществами по сравнению с карбонизованными углеродными наполнителями с точки зрения повышения ФМХ стержневых УУКМ. Так, применение графитированных волокон в качестве армирующего компонента приводит к увеличению прочности при растяжении (а в ряде случаев – и при сжатии). Это означало их меньшую по сравнению с карбонизованными волокнами склонность к деградации характеристик в ходе стадий ВТО при температуре выше 2000 °С заготовок материала при его получении.

В результате исследования кристаллической структуры углеродных волокон различных типов было установлено влияние температуры их обработки на интенсивность пиков межплоскостного расстояния d002 и средние размеры кристаллитов Lc.

Вместе с тем, в процессе оценки существования взаимосвязи структуры волокна и процесса матрицеобразования в УУКМ для одного из типов волокон было обнаружено отклонение из установленной зависимости. В результате проведения испытаний на растяжение и сжатие образцов УУКМ на основе графитированного волокна, характеризующегося аномальными

значениями параметров кристаллической решетки, установлено снижение его прочностных характеристик при высоких температурах. Это, по-видимому, обусловлено свойствами самого волокна, определяющимися как полимерным составом исходного ПАН-прекурсора и его структурой, так и режимами процесса его термообработки.

Таким образом, установлено, что при выборе типа углеродного волокнистого наполнителя в аспекте повышения ФМХ УУКМ недостаточно руководствоваться данными о температуре ее обработки. Необходимым критерием выбора волокна является совершенство его кристаллической структуры.

Approach to the selection of carbon fiber for CCCM based on carbon fiber rods with improved characteristics

[1]Zaichenko O.V., [2]Lakhin A.V., [1]Tashchilov S.V.
[1]JSC «Kompozit», Korolev; [2]MAI, Moscow, Russia

One of the main directions of improving the physical and mechanical characteristics (PMC) of carbon-carbon composite materials (CCCM) is seen in the use of new approaches to improve the properties of its reinforcing frame. The approach proposed in this work is based on the study of a wider range of characteristics of carbon fibers and assessment of their influence on the properties of CCCM.

It is known that the temperature of fiber processing significantly affects its properties, as well as CCCM based on them. According to the results obtained, it was found that carbon fibers obtained as a result of high-temperature treatment have advantages over carbonized carbon fillers in terms of increasing the PMC of CCCM based on carbon fiber rods. Thus, the use of graphite fibers as a reinforcing component leads to an increase in tensile strength (and in some cases, in compression). This meant that they were less susceptible to degradation of characteristics in comparison with carbonized fibers during the stages of high-temperature processing at temperatures above 2000 ° C of the material blanks during its production.

As a result of studying the crystal structure of carbon fibers, it was established that their production temperatures effect on the intensity of the peaks of the interplanar spacing d002 and the average crystallite size Lc.

At the same time, in the process of assessing the existence of the relationship between the fiber structure and the process of matrix formation in the CCCM, a single outlier from the established relationship was found. As a result of tensile and compression tests of CCCM samples based on graphite fiber, characterized by anomalous values of the crystal lattice parameters, a decrease in its strength characteristics at high temperatures was established. This is apparently due to the properties of the fiber itself, which are determined both by the polymer composition of the initial PAN precursor and its structure, and by the modes of its heat treatment.

Thus, it was found that when choosing the type of carbon fiber filler in the aspect of increasing the PMC of CCCM, it is not enough to be guided by the data on the temperature of its processing. A necessary criterion for choosing a fiber is the perfection of its crystal structure.

Пористое покрытие, полученное методом прямого лазерного нанесения

Иванов А.Е., Скворцова С.В., Тес М.Д.
МАИ, г. Москва, Россия

Технологии производства не стоят на месте. Появляются новые методы обработки различных материалов и получения изделий, заменяющие традиционные технологии. К одной из таких бурно развивающихся технологий относится метод 3D-печати, Которая позволяет получать детали сложной формы с требуемыми геометрическими параметрами. Однако, из-за высокой стоимости производства изделий, получаемых по аддитивным технологиям, отдаётся предпочтение более дешевым традиционным технология. Решением проблемы внедрения аддитивных технологий может быль в их совместном применении с традиционными технологиями в производстве. Наиболее подходящий для этого вид 3D-печати является метод прямого лазерного нанесения металла (DLMD – Direct Laser Metal Deposition). Суть метода

заключается в подачи материала и его сплавлением лазером или электронным лучом, которое происходит направленно и одновременно в соответствии с данными 3D-моделями.

В качестве образцов были взяты пластины из титанового сплава Ti-6Al-4V с разной шероховатостью Ra= 0,8 и 8 мкм. На поверхность пластин наносилось пористое покрытие из титана методом DLMD. При исследовании структуры границы основы и покрытия после печати было обнаружено, что в месте контакта основы и покрытия имеются микропоры, а структура резко изменяется от основы к покрытию. Проведённые испытания на срез показали значение 85 МПа для основы с Ra= 0,8 мкм и 110 МПа для основы с Ra= 8 мкм.

Для выравнивания микроструктуры, повышения физико-химического контакта основа-покрытие и увеличение напряжения срезу была проведена высокотемпературная обработка в вакууме, которая позволила выровнять структуру в покрытии и основе, существенно уменьшить количество микропор на границе раздела покрытие – основа и повысить напряжение среза на 25%. Таким образом, проведённые исследования показали, что для обеспечения более прочного физико-химического контакта между пористым покрытием и основой необходимо иметь чистоту поверхности не менее 8 мкм, которая может быть создана, например, пескоструйной обработкой.

Porous coating obtained by direct laser deposition

Ivanov A.E., Svetlana S.V., Tes M.D.
MAI, Moscow, Russia

Production technologies do not stand still. New methods of processing various materials and obtaining products are emerging, replacing traditional technologies. One of these rapidly developing technologies is the 3D printing method, which allows you to obtain parts of complex shapes with the required geometric parameters. However, due to the high cost of manufacturing products obtained using additive technologies, preference is given to cheaper traditional technologies. The solution to the problem of introducing additive technologies can be in their joint application with traditional technologies in production. The most suitable type of 3D printing for this is the Direct Laser Metal Deposition (DLMD) method. The essence of the method consists in feeding the material and fusing it with a laser or an electron beam, which occurs directionally and simultaneously in accordance with these 3D models.

Plates of titanium alloy Ti-6Al-4V with different roughness Ra = 0.8 and 8 μm were taken as samples. A porous titanium coating was applied to the surface of the plates using the DLMD method. When examining the structure of the interface between the base and the coating after printing, it was found that there are micropores in the place of contact between the base and the coating, and the structure changes sharply from base to coating. The carried out shear tests showed a value of 85 MPa for a base with Ra = 0.8 μm and 110 MPa for a base with Ra = 8 μm.

To level the microstructure, increase the physicochemical base-coating contact and increase the shear stress, high-temperature treatment in vacuum was carried out, which made it possible to align the structure in the coating and the base, significantly reduce the number of micropores at the coating-base interface and increase the shear stress by 25%. Thus, the studies carried out have shown that to ensure a more durable physicochemical contact between the porous coating and the base, it is necessary to have a surface finish of at least 8 microns, which can be created, for example, by sandblasting.

Особенности изготовления металлических изделий методом проволочного электронно-лучевого аддитивного производства

Калашников К.Н., Колубаев Е.А.
ИФПМ СО РАН, г. Томск, Россия

Аддитивные технологии в настоящее время являются наиболее перспективным методом получения деталей авиационного и ракетно-космического назначения [1]. Благодаря тому, что аддитивные методы позволяют изготавливать детали готовой или почти готовой формы, становится возможным максимально сократить образование отходов производства при значительном увеличении производительности. В качестве сырья для аддитивного

производства обычно используют либо металлические порошки, либо проволоку, а плавление сырьевого материала чаще всего реализуют с помощью электронного луча, лазера и электрической дуги. Порошковые методы аддитивного производства используют для изготовления мелких деталей, требующих высокой точности, благодаря чему эти методы нашли широкое применение в медицине. Для промышленного производства крупногабаритных изделий наиболее предпочтительными являются проволочные методы, так как не требуют использования дорогостоящего специализированного сырья и являются наиболее производительными, среди всех известных аддитивных технологий [2]. В первую очередь это касается проволочного электронно-лучевого аддитивного производства, которое активно развивается NASA, Airbus, Sciaky и другими корпорациями. Благодаря тому, что процесс электронно-лучевого аддитивного производства происходит в вакууме, становится возможным печать различными металлами и сплавами без использования каких-либо защитных газов, например титановыми, алюминиевыми и никелевыми сплавами. Для того, чтобы обеспечить полноценное внедрение аддитивных технологий в производственный цикл, необходимо понимание всех закономерностей формирования изделий из тех или иных материалов в зависимости от условий процесса печати.

В данном исследовании рассмотрены особенности 3D-печати изделий из проволоки титанового сплава ВТ6 и прутков жаропрочного никелевого сплава ЖС6У. Сплав ВТ6 используется для изготовления титановых шар-баллонов высокого давления, тогда как сплав ЖС6У может быть использован для печати деталей реактивных двигателей. Проведенные исследования показали, что геометрия подачи сырьевого материала относительно ванны расплава имеет важное значение при печати изделий сложной формы, так как может привести к формированию дефектных зон в образце. Изменение параметров электронного луча, определяющих условия подвода тепла, может привести к уменьшению предела прочности материала с 1040 МПа до 650 МПа при увеличении пластичности материала вплоть до 20 %. Было обнаружено, что наибольшее влияние на формирование изделий влияет скорость сканирования электронного луча, тогда как его мощность является вспомогательным параметром и должна обеспечивать расплавление подаваемой в ванну расплава проволоки. При исследовании особенностей формирования структуры и свойств никелевого сплава ЖС6У было выявлено, что электронно-лучевое аддитивное производство из прутка позволяет получать изделия с направленной структурой независимо от материала подложки, а форма фронта волны кристаллизации материала зависит от траектории сканирования электронного луча.

Литература:

1. Shapiro AA, Borgonia JP, Chen QN, Dillon RP, McEnerney B, Polit-Casillas R, et al. Additive Manufacturing for Aerospace Flight Applications. J Spacecr Rockets 2016;53:952–9. https://doi.org/10.2514/1.A33544.

2. Taminger KM, Hafley RA. Electron beam freeform fabrication for cost effective near-net shape manufacturing. Nato Avt 2006;139:11–6.

Features of the wire-feed electron beam additive manufacturing of metal products

Kalashnikov K.N., Kolubaev E.A.
ISPMS SB RAS, Tomsk, Russia

Additive technologies are currently the most promising way to produce components for aircraft and spacecraft applications [1]. Because additive methods make it possible to produce parts in a net or near-net shape, it minimizes the generation of manufacturing waste with a significant increase in productivity. As feedstock materials for additive manufacturing, metal powders or wires are usually used, and the melting of the feedstock is most often implemented using an electron beam, laser, and electric arc. Powder-bed additive manufacturing methods manufacture small components that require high precision, so these methods have found wide application in medicine. Wire-based techniques are the most preferable for the industrial production of large-sized products since they do not require expensive specialized feedstock and are the most productive among all known additive technologies [2]. First, it concerns wire-feed electron beam additive manufacturing, which NASA Airbus, Sciaky,

and other corporations actively develop. Because the electron beam additive manufacturing process takes place in a vacuum, it becomes possible to print various metals and alloys, such as titanium, aluminum, and nickel alloys, without using any protective gases. To ensure the full implementation of additive technologies in the production cycle, it is necessary to understand all the regularities of the product formation using different materials depending on the printing process conditions.

This study covers the peculiarities of 3D-printing products made of Ti-6Al-4V wire and heat-resistant nickel-based alloy ZhS6U rods. Ti-6Al-4V is used to produce high-pressure titanium spherical tanks, while ZhS6U alloy can be used to print jet engine components. The studies performed have shown that the geometry of the filament feed relative to the molten pool is essential when printing complex-shaped parts because it can lead to the formation of defective zones in the sample. A change in the electron beam parameters, determining the heat input conditions, can decrease the material ultimate tensile strength from 1040 MPa to 650 MPa with an increase in the material plasticity up to 20%. It was found that the most significant influence on the formation of products affects the electron beam scanning speed, while its power is an auxiliary parameter and should ensure the melting of the wire fed into the molten pool. While studying the peculiarities of structure formation of nickel-based alloy ZhS6U, it was revealed that electron beam additive manufacturing from rods allows producing products with directionally solidified structure regardless of substrate material and shape solidification front wave depends on the electron beam scanning trajectory.

References:

1. Shapiro AA, Borgonia JP, Chen QN, Dillon RP, McEnerney B, Polit-Casillas R, et al. Additive Manufacturing for Aerospace Flight Applications. J Spacecr Rockets 2016;53:952–9. https://doi.org/10.2514/1.A33544.

2. Taminger KM, Hafley RA. Electron beam freeform fabrication for cost effective near-net shape manufacturing. Nato Avt 2006;139:11–6.

Исследование структуры и трибологических свойств композитных пленок Pb-Cr-O, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления

Козлов П.П.

МАИ, г. Москва, Россия

Оксиды на основе свинца (тетрагональный α-PbO, ромбический β-PbO, Pb3O4 и т.д.) Являются эффективными оксидными смазочными материалами. Они переходят от хрупкости к вязкости и имеют тенденцию легко сдвигаться при высокой температуре, демонстрируя хороший смазывающий эффект. Например, порошок PbO прижимается к фрикционной поверхности, чтобы действовать как смазка в высокотемпературной среде. Pb3O4 используется в качестве присадки, снижающей трение, при трении о подшипниковую сталь GCr15. Однако PbO и Pb2O3 имеют плохую термическую стабильность и легко окисляются до Pb3O4 при 400-500°C, а затем восстанавливаются до PbO с повышением температуры. Эта серия окислительно-восстановительных реакций оказывает большое негативное влияние на стабильность смазочных свойств PbO. В настоящем рассматриваются дополнительные направления приложения усилий для улучшения термической стабильности и смазывающих свойств PbO. К примеру, в отличие от одиночной смазывающей фазы PbO, образованной чистой пленкой PbO, пленка PbCrO будет образовывать композитную смазочную фазу из PbCrO и PbO. Это приведет к снижению скорости износа при сохранении низкого коэффициента трения, сопоставимого с пленкой чистого PbO. В целом, в первую очередь, интересно появление композитных оксидов на основе свинца увеличивающих прочность сцепления фрикционной пленки и снижение скорости износа. Также стоит учитывать опыт других исследователей, например, Забинский [1] добавив PbO в MoS2, разработал набор адаптивных покрытий «хамелеон».

Образование тройных композитных оксидов в высокотемпературной среде заложило основу для создания высокотемпературной износостойкой самосмазывающейся пленки. Серия пленок Pb-Cr-O с различным содержанием Cr будут создана путем введения различных соотношений Pb-Cr в мишень в системе реактивного магнетронного распыления. Можно заметить, что твердость пленок Pb-Cr-O значительно будет улучшена по сравнению с пленкой

чистого Pb-O. Кроме того, пленка PbCrO с самым высоким содержанием Cr образует аморфную структуру из-за накопления Cr + на границе зерен, что также улучшает покрытие.

Investigation of the structure and tribological properties of Pb-Cr-O composite films deposited by reactive magnetron sputtering

Kozlov P.P.
MAI, Moscow, Russia

Lead-based oxides (tetragonal α-PbO, rhombic β-PbO, Pb3O4, etc.) are effective oxide lubricants. They go from brittleness to toughness and tend to shear easily at high temperatures, showing a good lubricating effect. For example, PbO powder is pressed against a friction surface to act as a lubricant in a high temperature environment. Pb3O4 is used as a friction-reducing additive when rubbing against GCr15 bearing steel. However, PbO and Pb2O3 have poor thermal stability and are easily oxidized to Pb3O4 at 400-500°C, and then reduced to PbO with increasing temperature. This series of redox reactions has a great negative effect on the stability of the lubricating properties of PbO. This paper discusses additional areas of application of efforts to improve the thermal stability and lubricity of PbO. For example, unlike a single PbO lubricating phase formed by a pure PbO film, a PbCrO film will form a composite lubricating phase of PbCrO and PbO. This will lead to a decrease in the wear rate while maintaining a low coefficient of friction, comparable to a pure PbO film. In general, first of all, the appearance of lead-based composite oxides that increase the adhesion strength of the friction film and reduce the wear rate is of interest. It is also worth considering the experience of other researchers, for example, Zabinsky [1], having added PbO to MoS2, developed a set of adaptive coatings "chameleon".

The formation of ternary composite oxides in a high-temperature environment laid the foundation for the creation of a high-temperature wear-resistant self-lubricating film. A series of Pb-Cr-O films with different Cr content will be created by injecting different Pb-Cr ratios into the target in a reactive magnetron sputtering system. It can be seen that the hardness of the Pb-Cr-O films will be significantly improved compared to the pure Pb-O film. In addition, the PbCrO film with the highest Cr content forms an amorphous structure due to the accumulation of Cr + at the grain boundary, which also improves the coating.

Развитие поверхности антимикробных покрытий на основе хитозана методом ионно-плазменной обработки

Коробейников Е.В., Цырков Р.А., Ковалев И.А., Мельников А.Б.
МАИ, г. Москва, Россия

Биоповреждение материалов является актуальной экологической проблемой, которая в последнее время привлекает внимание большого числа исследователей. Данная проблема особенно важна в случае борьбы с биокоррозией в условиях орбитальных космических станций, авиационной техники, подводных лодок, а также при работе различных электронных устройств в экстремальных условиях.

Одним из путей решения указанной проблемы является создание защитных полимерных покрытий с развитой структурой поверхности методами ионно-плазменной (ИП) технологии. ИП технология обеспечивает высокий уровень решения многих технологических задач при производстве изделий электронной техники и для получения модифицированных материалов на основе биополимеров с наноструктурированной поверхностью, обладающих антимикробными характеристиками, для применения в электронных устройствах космической и авиационной техники, системах фильтрации и биозащите поверхностей.

Большое внимание привлекает хитозан, как материал защиты поверхности от биоповреждений. К настоящему моменту синтезировано и исследовано большое количество производных хитозана, многие из которых нашли практическое применение при изготовлении полимерных электронных компонентов, систем фильтрации, в медицине.

В настоящей работе плёнки хитозана получены высушиванием водных растворов хитозана с добавлением 1% уксусной кислоты. Показано, что ИП обработка при давлении 7x10^(-3) Па влияет на химический состав, геометрические характеристики и поверхностную энергию

хитозана, что приводит к изменению гидрофильности, увеличивает активность поверхности, механическую прочность и стойкость к биодеструкции. Так обработка поверхности хитозана с молекулярной массой 500 кДа и степенью деацетилирования 78% потоками частиц химически активных и инертных газов изменяла химический состав поверхности хитозана. Например, отношение концентраций C/O увеличивалось с исходного 2,7 до 4,9, а отношение C/N – с 13,9 до 26,6. Также наблюдалась повышение антимикробной активности для некоторых штаммов микроорганизмов. Например, в 4,5 раза снизился титр штамма Pseudomonas aeruginosa после 5 минут обработки.

Представленное направление в технологии получения биозащитных покрытий актуально и имеет перспективу для исследования. В дальнейшем планируется получить результаты по обработке плёнок хитозана НЧ-плазмотроном атмосферного давления.

Development of the surface of antimicrobial coatings based on chitosan by ion-plasma treatment

Korobeynikov E.V., Tsyrkov R.A., Kovalev I.A., Melnikov A.B.
MAI, Moscow, Russia

Biodestruction of materials is an urgent environmental problem that has recently attracted the attention of a large number of researchers. This problem is especially important in the case of combating biocorrosion in the conditions of orbital space stations, aircraft, submarines, as well as when operating various electronic devices in extreme conditions.

One of the ways to solve this problem is to create protective polymer coatings with a developed surface structure using ion-plasma (IP) technology. IP technology provides a high level of solution to many technological problems in the production of electronic products and for the production of modified materials based on biopolymers with nanostructured surfaces with antimicrobial characteristics, for use in electronic devices of space and aviation technology, filtration systems and biosecurity of surfaces.

Chitosan attracts a lot of attention as a surface protection material from bio-damage. To date, a large number of chitosan derivatives have been synthesized and studied, many of which have found practical application in the manufacture of polymer electronic components, filtration systems, and in medicine.

In this work, chitosan films were obtained by drying chitosan aqueous solutions with the addition of 1% acetic acid. It has been shown that IP treatment at a pressure of 7x10^(-3) Pa affects the chemical composition, geometric characteristics and surface energy of chitosan, which leads to a change in hydrophilicity, increases surface activity, mechanical strength and resistance to biodegradation. Thus, the treatment of the chitosan surface with a molecular weight of 500 kDa and a degree of deacetylation of 78% by streams of particles of chemically active and inert gases changed the chemical composition of the chitosan surface. For example, the ratio of C/O concentrations increased from the initial 2.7 to 4.9, and the C/N ratio increased from 13.9 to 26.6. There was also an increase in antimicrobial activity for some strains of microorganisms. For example, the titer of Pseudomonas aeruginosa strain decreased 4.5 times after 5 minutes of treatment.

The presented direction in the technology of obtaining bioprotective coatings is relevant and has a prospect for research. In the future, it is planned to obtain results on the processing of chitosan films with an atmospheric pressure LF plasmatron.

Исследование прозрачных антимикробных тонкопленочных покрытий для солнечных элементов

Кочетов В.А., Щур П.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время важной задачей является обеспечение защиты поверхности полимерных материалов от вредоносного воздействия микробной и грибной адгезии. Наиболее остро данная проблема стоит при использовании прозрачных материалов при создании солнечных батарей, которые с течением времени при взаимодействии с окружающей средой ухудшают свои оптические и функциональные характеристики [1]. Такие материалы должны обладать

высоким пропусканием в видимом диапазоне длин волн, гидрофобными свойствами, а также способностью к самоочищению [2].

Нашим коллективом был изучен и обоснован наиболее оптимальный метод защиты, оказывающий губительное влияние по отношению к колониям микроорганизмов на поверхности полимерных материалов. Его принцип заключается в формировании антиадгезионных антимикробных тонкопленочных покрытий на поверхности полимерного материала, в частности, на солнечных элементах.

Целью данной работы является исследование гидрофобных и антимикробных свойств прозрачного антимикробного тонкопленочного покрытия для солнечных элементов на поверхности полимерного материала ПЭТФ с целью его дальнейшего использования в оптических структурах.

Одним из широко используемых материалов для оптических структур является полиэтилентерефталат (ПЭТФ). С помощью данного полимера, выступающего в качестве материала для подложек возможно осуществлять производство биоразлагаемого прозрачного проводящего электрода для гибких перовскитных солнечных элементов [3]. Также с помощью данного полимерного материала, входящего в основу тонких пористых пленок возможно получать стабильные яркие наночастицы перовскита для улучшения цвета в современных жидкокристаллических дисплеях [4].

Антимикробные антиадгезионные тонкопленочные покрытия были нанесены с помощью ионно–плазменных технологий с использованием газовых смесей тетрафторметана и пары циклогексана с предварительной ионной обработкой в два этапа. Измерения грибостойкости и антимикробных свойств было проведено по методике, описанной в ГОСТ 9.049 – 91.

На основе полученных данных были сделаны следующие выводы:

• Значение показателя пропускания при формировании покрытия с малым содержанием CF4 уменьшается практически в 2 раза по сравнению с показателем чистого ПЭТФ.

• Покрытия, сформированные при содержании C4F8 и CF4 от 60%, имеют значения интегральных коэффициентов пропускания более 75%, что позволяет использование данных покрытий в элементах политроники, а также в качестве защитных слоев солнечных батарей.

Литература:

1. Lysander T. Ashlock,Harold Mukamal,William H. White//Transparent, abrasion resistant coating compositions. United States patent US4571365A, 1982.

2. Priyadarshini B. G., Sharma A. K. Design of multi-layer anti-reflection coating for terrestrial solar panel glass //Bulletin of Materials Science.-2016. – Т. 39. – №. 3. – с. 683-689.

3. Kaiping Zhu, Zheng Lu, Shan Cong, Guanjian Cheng, Peipei Ma, Yanhui Lou, Jianning Ding, Ningyi Yuan, Mark H Rümmeli, Guifu Zou// «Ultraflexible and Lightweight Bamboo-Derived Transparent Electrodes for Perovskite Solar Cells».-2019. – с. 400-421.

4. Dimitre Dimitrov, Che-Liang Tsai, Stefan Petrov, Vera Marinova, Dimitrina Petrova, Blagovest Napoleonov, Blagoy Blagoev, Velichka Strijkova, Ken Yuh Hsu, Shiuan Huei Lin // «Atomic Layer-Deposited Al-Doped ZnO Thin Films
for Display Applications».-2020. – с. 1-9.

Investigation of transparent antimicrobial thin-film coatings for solar cells

Kochetov V.A., Shchur P.A.
MAI, Moscow, Russia

Currently, an important task is to protect the surface of polymer materials from the harmful effects of microbial and fungal adhesion. This problem is most acute when using transparent materials in the creation of solar panels, which over time, when interacting with the environment, degrade their optical and functional characteristics [1]. Such materials must have high transmittance in the visible wavelength range, hydrophobic properties, as well as the ability to self-clean [2].

Our team has studied and justified the most optimal method of protection, which has a detrimental effect on colonies of microorganisms on the surface of polymer materials. Its principle is the formation of anti-adhesive antimicrobial thin-film coatings on the surface of a polymer material, in particular, on solar cells.

Thus, the purpose of this work is to study the hydrophobic and antimicrobial properties of a transparent antimicrobial thin-film coating for solar cells on the surface of a polymer PET material with a view to its further use in optical structures.

One of the widely used materials for optical structures is polyethylene terephthalate (PET). With the help of this polymer acting as a substrate material, it is possible to produce a biodegradable and biocompatible transparent conductive electrode for flexible perovskite solar cells [3]. Also, with the help of this polymer material, which is the basis of thin porous films, it is possible to obtain stable bright perovskite nanoparticles to improve color in modern liquid crystal displays [4].

Antimicrobial anti-adhesive thin-film coatings were applied using ion-plasma technologies using gas mixtures of tetrafluoromethane and cyclohexane vapor with pre-ion treatment in two stages. Measurements of fungal resistance and antimicrobial properties were carried out according to the procedure described in GOST 9.049 - 91.

Based on the data obtained, the following conclusions were made:

• The value of the transmittance index during the formation of a coating with a low content of tetrafluoromethane decreases by almost 2 times compared with the indicator of pure PET.

• Coatings formed with a C4F8 and CF4 content of 60% or more have integral transmittance values of more than 75%, which allows the use of these coatings in polytronics elements, as well as as protective layers of solar panels.

References:

1. Lysander T. Ashlock,Harold Mukamal,William H. White//Transparent, abrasion resistant coating compositions. United States patent US4571365A, 1982.

2. Priyadarshini B. G., Sharma A. K. Design of multi-layer anti-reflection coating for terrestrial solar panel glass //Bulletin of Materials Science.-2016. – Т. 39. – №. 3. – pp. 683-689.

3. Kaiping Zhu, Zheng Lu, Shan Cong, Guanjian Cheng, Peipei Ma, Yanhui Lou, Jianning Ding, Ningyi Yuan, Mark H Rümmeli, Guifu Zou// «Ultraflexible and Lightweight Bamboo-Derived Transparent Electrodes for Perovskite Solar Cells».-2019. – pp. 400-421.

4. Dimitre Dimitrov, Che-Liang Tsai, Stefan Petrov, Vera Marinova, Dimitrina Petrova, Blagovest Napoleonov, Blagoy Blagoev, Velichka Strijkova, Ken Yuh Hsu, Shiuan Huei Lin // «Atomic Layer-Deposited Al-Doped ZnO Thin Films.

for Display Applications».-2020. – pp. 1-9.

Морфологический анализ в задачах проектирования инструмента сварки трением с перемешиванием

Курицын Д.Н., Силуянова М.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Возможность производства перспективных и конкурентоспособных образцов авиационной техники определяется уровнем технологичности конструкции, с одной стороны. С другой стороны, на ведущий план выходят задачи наукоемкого технологического проектирования, разработки методов и средств изготовления компонентов изделия, обладающих высокими эксплуатационными свойствами, функционал которых опережает действующие аналоги. Так одним из перспективных методов создания неразъемных соединений является сварка трением перемешиванием (СТП), позволяющая создавать равнопрочные конструкции при снижении веса изделия и повышении энергоэффективности производства [1]. Однако существуют объективные сложности проектирования сложнопрофильного инструмента, решение которых базируется на экпериментальном подходе.

Условия цифровой трансформации производств диктует необходимость поиска методов, обеспечивающих существенное ускорение цикла технологического проектирования, в том числе с применением интеллектуальных алгоритмов поиска решений. Морфологический анализ – это метод творческого решения многомерных, сложных проблем путем их системного структурирования и изучения пространства всех возможных решений.

Согласно морфологическому подходу обобщенная модель рабочей части инструмента для была классифицирована по целевым признакам, куда вошли на первом уровне физико-механические характеристики (марка) и толщина свариваемых материалов, пространственная

форма конструкции, требования по ресурсу инструмента. Атрибуты исполнения инструмента включали материал инструмента, макрогеометрия (высоты, диаметры) бурта и пина рабочей части, геометрия профилирования поверхности (форма канавок). Альтернативы исполнения элементов инструмента морфологической матрицы связаны уравнениями теплового баланса, неразрывности среды вязкопластического течения материала при нагреве, скоростной режим вращательно-поступательного движения. Условием генерации принципиально возможных комбинаций исполнения служит такой температурный режим нагрева материала без достижения состояния плавления и сплошность сварного шва.

Наличие базы данных типовых конструкторско-технологических решений в области форм рабочих частей и инструментальных материалов позволяет применить морфологический анализ для алгоритмов логического вывода по формированию облика инструмента для сварки трением перемешиванием [2]. Благодаря морфологическому подходу найдены новые перспективные концепции геометрии рабочих частей инструмента, в том числе геометрия, изменяемая в ходе рабочего процесса.

Проектирование инструментального обеспечения с применением морфологического анализа дает положительный эффект в областях, связанных с изготовлением новой техники, модернизацией производства, повышением производительности и снижением себестоимости сварочных работ, обеспечением надежности и ресурса изделий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-944.2020.8.

Литература:

1. Kuritsyn, D.N., Denisov, L.V., Siluyanova, M.V. and Kuritsyna V. V. Tool for Friction Stir Welding in the Aerospace Industry. // Russian Engineering Research, 2020, Vol. 40, No. 3, pp. 245–248. DOI: 10.3103/S1068798X20030132.

2. Kuritsyn D. N., Kuritsyna V. V., and Siluyanova M. V. Digital Twins in the Design of Tools for Friction Stir Welding // Russian Engineering Research, 2021, Vol. 41, No.4, pp. 357–359. DOI: 10.3103/S1068798X21040146.

Morphological analysis in tool design tasks for friction stir welding

Kuritsyn D.N., Siluyanova M.V.

MAI, Moscow, Russia

The possibility of producing promising and competitive samples of aviation equipment is determined by the level of manufacturability of the design, on the one hand. On the other hand, the tasks of high-tech technological design, the development of methods and means of manufacturing components of a product with high performance properties, the functionality of which is ahead of existing analogues, come to the forefront. Thus, one of the promising methods of creating permanent joints is friction stir welding (FSW), which allows creating equally strong structures while reducing the weight of the product and increasing the energy efficiency of production [1]. However, there are objective difficulties in designing a complex tool, the solution of which is based on an experimental approach.

The conditions of digital transformation of production dictate the need to search for methods that significantly accelerate the cycle of technological design. Morphological analysis is a method of creative solution of multidimensional, complex problems by their systematic structuring and studying the space of all possible solutions.

According to the morphological approach, the generalized model of the working part of the tool for was classified according to the target characteristics, which included at the first level the physical and mechanical characteristics and thickness of the materials to be welded, the spatial shape of the structure, the resource requirements of the tool. The attributes of the tool execution included the material of the tool, the geometry of the shoulder and the pin of the working part, the geometry of the surface profiling. Alternatives to the execution of the elements of the morphological matrix tool are connected by the equations of thermal balance, the continuity of the medium of the plastic flow of the material during heating, the high-speed mode of rotational and translational motion. The

condition for generating fundamentally possible combinations of execution is such a temperature regime of heating the material without reaching the melting state and the continuity of the weld.

The availability of a database of standard design and technological solutions in the field of shapes of working parts and tool materials makes it possible to apply morphological analysis for logical inference algorithms for forming the appearance of a tool for FSW [2]. Thanks to the morphological approach, new promising concepts of the geometry of the working parts of the tool have been found, including the geometry that changes during the workflow.

The design of instrumentation with the use of morphological analysis gives a positive effect in areas related to the manufacture of new equipment, modernization of production, increasing productivity and reducing the cost of welding, ensuring the reliability and resource of products.

This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists - candidates of sciences MK-944.2020.8.

References:

1. Kuritsyn, D.N., Denisov, L.V., Siluyanova, M.V. and Kuritsyna V. V. Tool for Friction Stir Welding in the Aerospace Industry. // Russian Engineering Research, 2020, Vol. 40, No. 3, pp. 245–248. DOI: 10.3103/S1068798X20030132.

2. Kuritsyn D. N., Kuritsyna V. V., and Siluyanova M. V. Digital Twins in the Design of Tools for Friction Stir Welding // Russian Engineering Research, 2021, Vol. 41, No.4, pp. 357–359. DOI: 10.3103/S1068798X21040146.

Влияние термической обработки на свойства титанового сплава ВТ35

Кусакина Ю.Н., Федорова Л.В., Петухова О.С.

МАИ, г. Москва, Россия

Сплав ВТ35 является деформируемым однофазным псевдо-бета-сплавом, данный сплав отличает высокая технологичность наряду с прочностными свойствами сравнимыми с альфа- и альфа + бета-сплавами. Для него характерна высокая прочность в сочетании с повышенной пластичностью. Это делает актуальным вопрос поиска оптимального режима термической обработки сплава ВТ35. Сплав ВТ35 рассматривается как перспективный материал для изготовления штампосварных силовых листовых изделий и узлов в конструкции планера, которые предназначены для длительной работы при температурах не превышающих 300ºС и кратковременной работы не более 100 часов при температурах до 350ºС. Сплав ВТ35 – это система Ti-Al-V-Cr-Sn-Mo-Zr.

В данной работе исследовано влияние термической обработки на эффект упрочнения сплава ВТ35, в качестве образцов применялись листы, изготовленные по промышленной технологии, толщиной 13 мм. По результатам металлографического анализа установлено, что в результате охлаждения на воздухе с температур прокатки в листах ВТ35 создается однофазная структура деформированных бета-зерен. Превращение бета-фазы в альфа-фазу в данном сплаве подавлено вследствие высокого содержания стабилизирующих элементов. Таким образом, состояние сплава после деформации неупрочненное, что подтверждается значением твердости 23 ед.HRC. Прочностные свойства сплава ВТ35 повышали отжигом при температуре 600ºС в течение 8 и 16 часов с последующим медленным охлаждением в печи и упрочняющей термической обработкой. После отжига в структуре листов обнаруживаются бета-зёрна и дисперсные пластины альфа-фазы, твердость сплава с такой структурой достигает 29 ед.HRC. Упрочняющая термическая обработка сплава ВТ35 представлена только старением, что обусловлено тем, что после деформации у сплава уже отмечено однофазное состояние. Старение проводили при различных температурах от 475ºС до 525ºС с суммарным временем выдержки 50 часов. Оптимальными температурами старения для упрочнения являются температуры от 475ºС до 500ºС, обеспечивающие твердость сплава порядка 40-43 ед.HRC, что объясняется оптимальным размером частиц альфа-фазы, выделившихся при старении.

Influence of heat treatment on the properties of titanium alloy VT35

Kusakina Y.N., Fedorova L.V., Petukhova O.S.
MAI, Moscow, Russia

Alloy VT35 is a wrought single-phase pseudo-beta-alloy, this alloy is distinguished by high manufacturability along with corresponding strength properties compared to other beta + alpha- and alpha-alloys. It is distinguished by high strength combined with increased ductility. This makes the search for the optimal mode of heat treatment of VT35 alloy relevant. Alloy VT35 is considered as a promising material for the manufacture of die-welded power sheet and units in the airframe structure; they are designed for long-term operation at the temperatures not exceeding 300°C and short-term operation no more than 100 hours at temperatures up to 350°C. Alloy VT35 is an alloy of Ti-Al-V-Cr-Sn-Mo-Zr system.

In this work, the influence of heat treatment on the hardening effect of the VT35 alloy was investigated; sheets made by industrial technology with a thickness of 13 mm were used as samples. The transformation in this alloy is suppressed due to the high content of-stabilizing elements. Thus, the state of the alloy after deformation is weakened, which is confirmed by the hardness value of 23 HRC units. According to the results of metallographic analysis, it was found that as a result of air cooling from rolling temperatures in VT35 sheets, a single-phase structure of deformed beta-grains. In this alloy beta-alpha transformation is suppressed due to the high content of beta-stabilizing elements. So, the strength state of the alloy after deformation is softening, which is confirmed by the hardness value of 23 HRC. The strength properties of the VT35 alloy were increased by annealing at a temperature of 600°C for 8 and 16 hours, followed by slow cooling in a furnace and hardening heat treatment. After annealing, beta-grains and dispersed plates of alpha-phases are found in the structure the structure of the sheets; the hardness of an alloy with such a structure reaches 29 HRC. The hardening heat treatment of the VT35 alloy is represented only by aging, which is due to the fact that after deformation, the alloy already has a single-phase state. Aging was carried out at the temperatures varying from 475°C to 525°C with a total holding time of 50 hours. The optimal aging temperatures for hardening are temperatures varying from 475°C to 500°C, this treatment ensures the hardness of the alloy varying in the interval of 40-43 HRC, which is explained by the optimal size of the alpha-phase particles, released during aging.

Зависимость коррозионной стойкости титанового сплава от параметров термоводородной и ионно-плазменной обработок

Лиджиев А.А., Мамонов А.М., Чернышова Ю.В.
МАИ, г. Москва, Россия

С учетом требований к коррозионной стойкости и уровню механических свойств наиболее перспективными материалами для изготовления изделий медицинского назначения являются титан и его сплавы. Однако высокие показатели сопротивления коррозии титановых сплавов в биологической среде не исключают серьезных проблем в процессе эксплуатации этих изделий. В ряде случаев коррозионные процессы комбинируются с механическими разрушающими явлениями, такими как износ и фреттинг-коррозия. К наиболее эффективным технологическим способам, которые могут быть применены в производстве медицинских изделий из титановых сплавов, можно отнести термоводородную обработку и низкотемпературное вакуумное ионно- плазменное азотирование. В данной работе представлены результаты исследования зависимости коррозионной стойкости титанового сплава от параметров термоводородной и ионно-плазменной обработок.

Исследования проводили на образцах опытного сплава Ti-8,7Al-2,0Mo-1,5Zr (масс.%) размерами Ø13×10 мм, вырезанных из горячекатаного прутка. Для получения глобулярной структуры сплава образцы подвергали термоводородной обработке в установке Сивертса с введением 0,1 масс.% водорода и последующим вакуумным отжигом при температуре 800 С в течение 3 часов (ТВО1). Для формирования в сплаве структуры бимодального типа образцы легировали водородом до концентрации 0,8 масс.% и подвергали вакуумному отжигу при температуре 600 С в течение 4 часов (ТВО2). Вакуумноме ионно – плазменное азотирование образцов в исходном состоянии и после термоводородной обработки проводили в установке

«Булат-6Т» при температуре 600 С в течение 1 часа в смеси газов азота и аргона. Исследование коррозионной стойкости образцов проводили потенциодинамическим методом в 0,9-% водном растворе NaCl в условиях естественной аэрации.

В результате исследования было установлено, что термоводородная обработка опытного титанового сплава по обоим режимам улучшает его коррозионные свойства. Установившийся электродный потенциал образцов в исходном состоянии составил –142 мВ. Термоводородная обработка по первому режиму приводит к увеличению стационарного потенциала сплава до +80 мВ, а по второму режиму – до +147 мВ. Вакуумное ионно-плазменное азотирование образцов после ТВО1 и ТВО2 обеспечивает еще более высокие показатели коррозионной стойкости образцов, повышая их электродный потенциал до +352 мВ и +317мВ соответственно.

Литература:

1. Ильин А.А., Колачев Б.А., Носов В.К., Мамонов А.М. Водородная технология титановых сплавов. / Под общей редакцией чл.кор. РАН Ильина А.А. – М.: МИСИС, 2002. – 392 с.

2. Слезов С.С., Мамонов А.М., Лиджиев А.А., Агаркова Е.О. Влияние технологии обработки на структуру и коррозионную стойкость опытного титанового сплава с повышенным содержанием алюминия. // Титан. 2019. №4. С. 12-16.

3. Чернышова Ю.В., Шалин А.В., Нейман А.П., Сарычев С.М. Методы исследования коррозионной стойкости материалов: учебно-методическое пособие - М.:ИНФРА-М, 2017. - 102 с.

Dependence of the corrosion resistance of titanium alloy on the parameters of thermal hydrogen and ion-plasma treatments

Lidzhiev A.A., Mamonov A.M., Chernyshova Y.V.
MAI, Moscow, Russia

Taking into account the requirements for corrosion resistance and the level of mechanical properties, titanium and its alloys are the most promising materials for the manufacture of medical devices. However, the high corrosion resistance of titanium alloys in a biological environment does not exclude serious problems during the operation of these products. In some cases, corrosion processes are combined with mechanical destructive phenomena such as wear and fretting corrosion. The most effective technological methods that can be used in the production of medical products from titanium alloys include thermal hydrogen treatment and low-temperature vacuum ion-plasma nitriding. This paper presents the results of a study of the dependence of the corrosion resistance of a titanium alloy on the parameters of thermohydrogen and ion-plasma treatments.

The studies were carried out on samples of the experimental alloy Ti-8.7Al-2.0Mo-1.5Zr (wt.%) With dimensions of Ø13 × 10 mm, cut from a hot-rolled bar. To obtain the globular structure of the alloy, the samples were subjected to thermal hydrogen treatment in a Sieverts installation with the introduction of 0.1 wt% hydrogen and subsequent vacuum annealing at a temperature of 800 C for 3 hours (TVO1). To form a bimodal structure in the alloy, the samples were doped with hydrogen to a concentration of 0.8 wt% and subjected to vacuum annealing at a temperature of 600 C for 4 hours (TBO2). Vacuum ion-plasma nitriding of the samples in the initial state and after thermal hydrogen treatment was carried out in the "Bulat-6T" installation at a temperature of 600 C for 1 hour in a mixture of nitrogen and argon gases. The study of the corrosion resistance of the samples was carried out by the potentiodynamic method in a 0.9 -% aqueous solution of NaCl under conditions of natural aeration.

As a result of the study, it was found that thermal hydrogen treatment of the experimental titanium alloy in both modes improves its corrosion properties. The steady-state electrode potential of the samples in the initial state was -142 mV. Thermal hydrogen treatment according to the first regime leads to an increase in the stationary potential of the alloy up to +80 mV, and according to the second regime - up to +147 mV. Vacuum ion-plasma nitriding of samples after TBO1 and TBO2 provides even higher corrosion resistance of the samples, increasing their electrode potential to +352 mV and + 317 mV, respectively.

Теплопроводящие полимерные композиционные материалы на основе углероднаполненного полисульфона

Мохаммад Хуссом
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия

Полимерные и полимерматричные композиционные материалы широко используются в современной авиации. Не высокая электропроводность и низкая теплопроводность таких материалов являются фактором, ограничивающим использование таких материалов.

Одним из методов повышения данных характеристик является создание композиционных материалов наполненных тепло- электропроводящими частицами. Использование стандартных подходов, например экструзионного смешения ограничивает степени наполнения на уровне 20-30 масс%, и часто порог перкаляции лежит выше указанных значений.

Использование растворных технологий позволяет получать композиционные материалы со значительно большим содержанием наполнителя, к примеру до 70-80 масс.%.

В настоящем исследовании в качестве материала матрицы использован полисульфон [марки: PSU Ultarson S 2010 G], используемый для изготовления различных деталей силового набора в современных гражданских самолетах. Для создания тепло- электропроводящих сеток в качестве наполнителей использованы графит (искусственный измельченный графит с размерами частиц 45-71 мкм, природный графит марки ГЛ-1 ГОСТ 5279-74 с размерами частиц 0,5-1,5 мкм, и ТРГ)

ТРГ был получен химическим методом. Этот метод заключается в том, что природно-кристаллический графит окисляют в химическом реакторе с концентрированной серной кислотой (93%) в присутствии перекиси водорода. с последующим термической обработки.

Для получения высоконаполненных материалов была использована растворная технология. На первом этапе получается раствор полисульфона в n метилпирролидоне с концентрацией полимера 20-40 масс%

На втором этапе в полученный раствор вводится наполнитель и с использованием верхнеприводной мешалки получались однородные смеси полимера с наполнителями с концентрациями от 30 до 70 масс% с шагом 10 масс%

После испарения растворителя, полученные грануляты, использовали для приготовления тестовых образцов методом горячего прессования.

Методом лазерной вспышки (по ASTM E1461, СТП 1-595-4-234–88, по которому образец в виде диска диаметром 10 мм и толщиной 1-3 мм облучается лазерным тепловым) построены температурные зависимости температуропроводности, четырехзондовым методом (Четырехзондовый метод (по ASTM F1529) основан на физических процессах, обусловленных явлением растекания тока в точке контакта металлического острия с полупроводником. Исследована электропроводность полученных материалов. Микроструктуру изучали с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM-1000.

На композиционных материалах были достигнуты значения теплопроводности 4,5 Вт/м К перпендикулярно плоскости прессования, и электрической проводимости 12-14 См/см.

Литература:

1. E. Sani, J.P. Vallejo, D. Cabaleiro, L. Lugo, Functionalized graphenenanoplatelet-nanofluids for solar thermal collectors, Sol. Energy Mater. Sol.Cells 185 (2018) 205e209.https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.05.038.

2. N. Selvakumar, A. Biswas, S.B. Krupanidhi, H.C. Barshilia, Enhanced opticalabsorption of graphene-based heat mirror with tunable spectral selectivity,Sol. Energy Mater. Sol. Cells 186 (2018) 149e153.https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.06.041.

3. M. Vaqueiro-Contreras, C. Bartlam, R.S. Bonilla, V.P. Markevich, M.P. Halsall,A. Vijayaraghavan, A.R. Peaker, Graphene oxidefilms forfield effect surfacepassivation of silicon for solar cells, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 187 (2018)189e193.https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.08.002.

Heat-conducting polymer composite materials based on carbon-filled polysulfone

Mohammad Hussam
NUST MISIS, Moscow, Russia

Polymer and polymer matrix composite materials are widely used in modern aviation. Low electrical conductivity and low thermal conductivity of such materials are a factor limiting the use of such materials.

One of the methods for improving these characteristics is the creation of composite materials filled with heat-electrically conductive particles. The use of standard approaches, such as extrusion mixing, limits the degree of filling to 20-30 wt%, and often the percation threshold lies above the indicated values.

The use of mortar technologies makes it possible to obtain composite materials with a significantly higher filler content, for example, up to 70-80 wt.%.

In the present study, polysulfone [grade: PSU Ultarson S 2010 G] was used as the matrix material, which is used for the manufacture of various parts of the power pack in modern civil aircraft. To create heat and electrically conductive meshes, graphite was used as fillers (artificial crushed graphite with a particle size of 45-71 microns, natural graphite of the GL-1 GOST 5279-74 brand with a particle size of 0.5-1.5 microns, and TRG)

TRH was obtained by a chemical method. This method consists in the fact that natural crystalline graphite is oxidized in a chemical reactor with concentrated sulfuric acid (93%) in the presence of hydrogen peroxide. followed by heat treatment.

To obtain highly filled materials, a solution technology was used. At the first stage, a solution of polysulfone in n methylpyrrolidone is obtained with a polymer concentration of 20-40 wt%

At the second stage, a filler is introduced into the resulting solution and, using an overhead stirrer, homogeneous mixtures of polymer with fillers with concentrations from 30 to 70 wt% with a step of 10 wt% were obtained.

After evaporation of the solvent, the resulting granulates were used to prepare test samples by hot pressing.

Using the laser flash method (according to ASTM E1461, STP 1-595-4-234-88, according to which a sample in the form of a disk 10 mm in diameter and 1-3 mm thick is irradiated with a thermal laser), the temperature dependences of the thermal diffusivity are plotted, the four-probe method (Four-probe method (according to ASTM F1529) is based on physical processes caused by the phenomenon of current spreading at the point of contact of a metal tip with a semiconductor. The electrical conductivity of the obtained materials was studied. The microstructure was studied using a Hitachi TM-1000 scanning electron microscope.

On composite materials, values of thermal conductivity of 4.5 W/m K were achieved perpendicular to the pressing plane, and electrical conductivity of 12-14 S/cm.

References:

1. E. Sani, J.P. Vallejo, D. Cabaleiro, L. Lugo, Functionalized graphenenanoplatelet-nanofluids for solar thermal collectors, Sol. Energy Mater. Sol.Cells 185 (2018) 205e209.https: //doi.org/10.1016/j.solmat.2018.05.038.

2. N. Selvakumar, A. Biswas, S.B. Krupanidhi, H.C. Barshilia, Enhanced optical absorption of graphene-based heat mirror with tunable spectral selectivity, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 186 (2018) 149e153.https: //doi.org/10.1016/j.solmat.2018.06.041.

3. M. Vaqueiro-Contreras, C. Bartlam, R.S. Bonilla, V.P. Markevich, M.P. Halsall, A. Vijayaraghavan, A.R. Peaker, Graphene oxidefilms forfield effect surfacepassivation of silicon for solar cells, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 187 (2018) 189e193.https: //doi.org/10.1016/j.solmat.2018.08.002.

Разработка технологии получения коллоидных препаратов на основе графита

Находнова А.В., Гончарова Н.Н., Каперская О.В., Самойлов В.М.
АО «НИИграфит», г. Москва, Россия

Коллоидные препараты на основе графита широко используются как компоненты различных смазок, герметиков, электропроводных, антифрикционных, защитных покрытий, а также покрытий деталей турбонасосов ракетной техники.

Коллоидные свойства подобных препаратов в основном оцениваются такими параметрами, как размер частиц, их удельная поверхность, динамическая вязкость и способность образовывать графитовые пленки за счет сращивания углеродных частиц.

Преимуществами коллоидных препаратов на основе графита являются:

• Химическая чистота (содержание графита не менее 99,8%).

• Высокая реакционная способность.

• Очень высокая удельная поверхность (до 2500 м²/г), что недостижимо для других углеродных материалов.

• Высокая термостойкость (потеря массы при нагревании на воздухе до 400ºС составляет 5,55%, при нагревании до 500ºС составляет 13,3%).

• Хорошая адгезия к различным материалам.

• Свойственные графиту низкий коэффициент трения и электропроводность.

Цель работы – разработка технологии получения коллоидных препаратов на основе графита.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1) подобор исходного графитового сырья, 2) отработка режимов и степени предварительного измельчения графита, 3) отработка режимов окисления графита, 4) оценка влияния концентрации серной кислоты и соотношения компонентов в реакционной смеси на режимы синтеза окисленного графита и коллоидного графита, что позволило получить коллоидные препараты на основе графита высокого качества.

Development of technology for obtaining colloidal preparations based on graphite

Nakhodnova A.V., Goncharova N.N., Kaperskaya O.V., Samoylov V.M.
NIIgraphite JSC, Moscow, Russia

Colloidal preparations based on graphite are widely used as components of various lubricants, sealants, electrically conductive, anti-friction, protective coatings, as well as coatings for parts of turbopumps of rocket technology.

The colloidal properties of such preparations are mainly assessed by such parameters as the particle size, their specific surface area, dynamic viscosity, and the ability to form graphite films due to the coalescence of carbon particles.

The advantages of graphite-based colloidal preparations are:

• Chemical purity (graphite content not less than 99.8%).

• High reactivity.

• Very high specific surface area (up to 2500 m2/g), which is unattainable for other carbon materials.

• High heat resistance (weight loss when heated in air to 400ºC is 5.55%, when heated to 500ºC it is 13.3%).

• Good adhesion to various materials.

• Low friction coefficient and electrical conductivity inherent in graphite.

The aim of the work is to develop a technology for obtaining colloidal preparations based on graphite.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

1) selection of initial graphite raw materials, 2) development of modes and degree of preliminary grinding of graphite, 3) development of modes of graphite oxidation, 4) assessment of the effect of the concentration of sulfuric acid and the ratio of components in the reaction mixture on the modes of synthesis of oxidized graphite and colloidal graphite, which made it possible to obtain high-quality colloidal preparations based on graphite.

Влияние термоводородной обработки на структурное состояние поверхности крупногабаритных заготовок из сплава ВТ6

Нейман А.В., Афонина М.Б., Агаркова Е.О.
МАИ, г. Москва, Россия

Благодаря высокой удельной прочности, коррозионной стойкости и трещиностойкости титановые сплавы широко применяются не только в конструкциях авиационной техники для изготовления деталей газотурбинных двигателей, но и в качестве силовых конструкций имплантируемых медицинских изделий, в частности компонентов эндопротезов крупных суставов человека. В зависимости от назначения и конструктивного исполнения компоненты эндопротезов могут подвергаться высоким механическим, в том числе многоцикловым, нагрузкам, интенсивному трению в паре с костными структурами и другими металлическими или полимерными элементами конструкции в агрессивной биологической среде организма.

К существенным недостаткам изделий из титановых сплавов можно отнести низкую износостойкость. Эффективным способом повышения износостойкости титановых деталей в парах трения является создание в них структурных состояний с глубоким модифицированным азотом поверхностным слоем, обеспечивающим «плавный» градиент твердости с максимумом на поверхности. Разработанная комплексная технология обработки, включающая термоводородную обработку (ТВО) и низкотемпературное вакуумное ионно-плазменное азотирование (ВИПА) может оказаться неэффективной для крупногабаритных изделий, имеющих сложную геометрию и массивные сечения, в основном из-за длительности технологических операций ТВО. Перспективным решением проблемы представляется возможность поверхностной ТВО с формированием мелкодисперсной структуры только в поверхностном слое заготовки глубиной в несколько миллиметров. Это обеспечит высокую твердость, хорошую полируемость поверхностей трения компонентов и максимальную эффективность ВИПА.

Проведенные исследования показали возможность создания методами термоводородной обработки в крупногабаритных заготовках сечением до 30 мм из сплава ВТ6 градиентного структурного состояния, представленного мелкодисперсной смесью α- и β-фаз в поверхностных слоях глубиной до 5 мм и бимодальной структурой в сердцевине. Использование ТВО позволяет избежать «жестких» температурно-кинетических режимов воздействия на материал, характерных для стандартной поверхностной закалки с последующим старением, не применимых для заготовок сложной формы. Сформированная структура обеспечила существенный градиент твердости по сечению заготовок с уровнем не менее 39 ед. HRC в поверхностном слое глубиной до 5 мм и около 30 HRCв сердцевине, что обеспечило хорошую полируемость поверхностей трения и максимальную эффективность их ионно-плазменного азотирования.

Influence of thermal hydrogen treatment on the structural state of the surface of large-sized billet from VT6 alloy

Neiman A.V., Afonina M.B., Agarkova E.O.
MAI, Moscow, Russia

Due to their high specific strength, corrosion resistance, and crack resistance, titanium alloys are widely used not only in aircraft structures for the manufacture of parts for gas turbine engines, but also as load-bearing structures for implantable medical devices, in particular, components of endoprostheses for large human joints. Depending on the purpose and design, the components of endoprostheses can be subjected to high mechanical, including high-cycle, loads, intense friction coupled with bone structures and other metal or polymer structural elements in an aggressive biological environment of the body.

The significant disadvantages of titanium alloy products include low wear resistance. An effective way to increase the wear resistance of titanium parts in friction pairs is to create structural states in them with a deep nitrogen-modified surface layer that provides a “smooth” hardness gradient with a maximum on the surface. The developed complex processing technology, including thermal hydrogen treatment (TVO) and low-temperature vacuum ion-plasma nitriding (VIPA), may turn out

to be ineffective for large-sized products with complex geometry and massive sections, mainly due to the duration of technological operations of TVO. A promising solution to the problem is the possibility of a surface TVO with the formation of a fine structure only in the surface layer of the workpiece with a depth of several millimeters. This will ensure high hardness, good polishability of the friction surfaces of the components and the maximum efficiency of VIPA.

The conducted studies have shown the possibility of creating by the methods of thermal hydrogen treatment in large-sized billets with a cross-section of up to 30 mm made of VT6 alloy of a gradient structural state, represented by a finely dispersed mixture of α- and β-phases in surface layers up to 5 mm deep and a bimodal structure in the core. The use of TVO allows avoiding "hard" temperature-kinetic modes of action on the material, typical for standard surface hardening with subsequent aging, which are not applicable for workpieces of complex shape. The formed structure provided a significant gradient of hardness over the section of the blanks with a level of at least 39 units. HRC in the surface layer up to 5 mm deep and about 30 HRC in the core, which ensured good polishability of the friction surfaces and the maximum efficiency of their ion-plasma nitriding.

Верификация процесса роботизированной сварки топливного бака методом виртуальной симуляции

Нейперт Т.А., Корж С.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Условия эксплуатации и конструктивные особенности некоторых летательных аппаратов создают требования к конструкции топливных и гидравлических систем. От качества сварного шва и его герметичности напрямую зависит ресурс отдельного взятого летного экземпляра.

Соответствие высоким требованиям к качеству сварного соединения при серийном, но гибком производстве стало достижимым с развитием промышленной робототехники. Но несмотря на высокие показатели точности и снижение вредности работы, рациональность внедрения роботизированной сварки обусловлена не во всех случаях, и одно из ограничений – это сложность подходов к местам сварки.

В рамках отработки изделий на технологичность и решения проблемы подходов при сварке топливных баков предлагается использовать программное обеспечение Tecnomatix Process Simulate.

Путем компьютерного моделирования в CAD-системах были разработаны ЭГМ ключевых объектов сварочной ячейки (инженерные сооружения, промышленные роботы, сварочное оборудование и др.) с сохранением их габаритных размеров и взаимного расположения. Также, Используя электронные модели топливных баков в качестве первоисточника информации, создана ЭГМ универсального сборочного приспособления для номенклатуры топливных баков. После импортирования выполненных ЭГМ в ПО Process Simulate проведена симуляция необходимых сварных соединений с учетом кинематики промышленных манипуляторов.

По результатам симуляции сделаны следующие выводы: встроенные методы проверки движений рук человека и частей промышленного манипулятора с установленным сварочным оборудованием позволили убедиться в доступности всех мест для создания сварных соединений; кинематические возможности одного промышленного манипулятора на перемещающейся платформе позволяют выполнить 100% сварных соединений (при условии использования универсальной сборочной оснастки).

Основываясь на этих выводах сделано заключение, что данное программное позволяет верифицировать сборно-сварные процессы в системе бак-оснастка (где доступ к некоторым участкам сварки недостаточно нагляден), показать необходимость внедрения промышленных роботов, а также необходимость и объемы ручного воздействия человека.

Verification of the process of robotic welding of a fuel tank by the method of virtual simulation

Neypert T.A., Korzh S.E.
MAI, Moscow, Russia

Operating conditions and design features of some aircraft create requirements for the design of fuel and hydraulic systems. The resource of a single aircraft specimen directly depends on the quality of the weld and its tightness.

Compliance with the high-quality requirements of the welded joint in serial but flexible production has become achievable with the development of industrial robotics. But despite the high accuracy rates and the reduction of the harmfulness of work, the rationality of introducing robotic welding is not due to all cases, and one of the limitations is the complexity of approaches to welding places.

As part of testing products for manufacturability and solving the problem of approaches to welding fuel tanks, it is proposed to use the Tecnomatix Process Simulate software.

By means of computer modeling in Computer-aided design (CAD) systems, the Electronic Geometric Model (EGM) of the key objects of the welding cell (engineering structures, industrial robots, welding equipment, etc.) were developed while maintaining their overall dimensions and relative position. Also, using electronic models of fuel tanks as a primary source of information, an EGM of a universal assembly device for a range of fuel tanks has been created. After importing the completed EGMs into the Process Simulate software, the necessary welded joints were simulated taking into account the kinematics of industrial manipulators.

Based on the simulation results, the following conclusions were made: built-in methods for checking the movements of human hands and parts of an industrial manipulator with installed welding equipment made it possible to make sure that all places for creating welded joints were accessible; the kinematic capabilities of one industrial manipulator on a moving platform make it possible to perform 100% of welded joints (provided that a universal assembly tool is used).

In conclusion, it can be argued that this software makes it possible to verify prefabricated-welded processes in the tank-tooling system (where access to some welding sections is not clear enough), to show the need for the introduction of industrial robots, as well as the need and volume of manual human intervention.

Влияние термической обработки на структуру и свойства титанового сплава ВТ16

Неруцкая А.В., Смирнова Е.А., Мамыкин Н.И., Ручина Н.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Титановый сплав ВТ16 нашел наибольшее применение в авиационной технике в качестве материала для крепежных деталей. Использование титановых сплавов для крепежа объясняется тем, что титановые сплавы столь же прочны, как и легированные стали, используемые для стандартных авиационных крепежей, но с более низким удельным весом. Они обладают высокой удельной прочностью на растяжение и сдвиг (примерно в 1,5-2 раза выше, чем у обычных легированных сталей). [1]

Исследование проводилось на образце вырезанном из прутка полуфабриката (α+β)-мартенситного класса титанового сплава ВТ16.

На первом этапе работы был проведен металлографический анализ сплава в исходном состоянии. В исходном состоянии микроструктура представлена деформированными частицами α на фоне β-матрицы.

Для предварительной оценки механических свойств была измерена твёрдость по шкале Роквелла, значение которой составила HRC=31.

Для того, чтобы поднять прочностные характеристики проведем упрочняющую термообработку, где закалку было решено заменить на высокотемпературный отжиг, во избежание коробления конечных изделий.

Для сплава ВТ16 был выбран режим обработки в два этапа. Первый этап: высокотемпературный отжиг при температуре 790°С, со временем выдержки 1 час и последующим охлаждением на воздухе. Второй этап: старение при температуре 450°С, выдержка 15 часов и охлаждение на воздухе.

Металлографический анализ показал, что проведение отжига с последующим старением приводит к изменению морфологии структуры сплава ВТ16: из волокнистой α+β-структуры деформации она становится дисперсной, а размер структурных составляющих уменьшился по сравнению с деформированным состоянием

Показатели твердости после термической обработки составили HRC=38.

На заключительном этапе работы были проведены механические испытания, результаты которого составили: σ=1070 МПа, δ=15%, ψ=53 %, KCU= 045 МДж/м2.

The effect of heat treatment on the structure and properties of titanium alloy VT16

Nerutskaya A.V., Smirnova E.A., Mamykin N.I., Ruchina N.V.
MAI, Moscow, Russia

Titanium alloy VT16 has found the greatest application in aviation technology as a material for fasteners. The use of titanium alloys for fasteners is explained by the fact that titanium alloys are as strong as alloy steels used for standard aviation fasteners, but with a lower specific gravity. They have a high specific tensile and shear strength (approximately 1.5-2 times higher than that of conventional alloy steels).

The study was carried out on a sample cut from a bar of a semi-finished product (α+β)-martensitic grade titanium alloy VT16.

At the first stage of the work, metallographic analysis of the alloy in its initial state was carried out. In the initial state, the microstructure is represented by deformed α particles against the background of the β matrix.

For a preliminary assessment of mechanical properties, the hardness was measured on the Rockwell scale, the value of which was HRC=31.

In order to raise the strength characteristics, we will conduct a strengthening heat treatment, where it was decided to replace the quenching with high-temperature annealing, in order to avoid warping of the final products.

For the VT16 alloy, a two-stage processing mode was selected. The first stage: high-temperature annealing at a temperature of 790°C, with a holding time of 1 hour and subsequent air cooling. The second stage: aging at a temperature of 450°C, exposure for 15 hours and air cooling.

Metallographic analysis showed that annealing with subsequent aging leads to a change in the morphology of the structure of the VT16 alloy: from the fibrous α+β structure of deformation, it becomes dispersed, and the size of the structural components decreased compared to the deformed state

The hardness values after heat treatment were HRC=38.

At the final stage of the work, mechanical tests were carried out, the results of which were: σ=1070 MPa, δ=15%, ψ=53%, KCU= 045 MJ/m2.

Изучение износостойкости материалов при трении по высокомолекулярному полиэтилену

Орлов А.А., Сопельник Д.О., Нейман А.В., Ручина Н.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Соединение различных элементов конструкции планера воздушных судов производится с помощью разнообразных крепёжных элементов. Эти изделия должны сочетать высокую технологичность и удельную прочность при комнатной температуре, сопротивление коррозии, циклическим и другим нагрузкам. Однако вопрос об оптимальном выборе металлических материалов, применяемых для авиационной промышленности до настоящего времени остается открытым и вызывает принципиальные дискуссии среди разработчиков и производителей. Механика трущейся пары шарнирного соединения делает её прекрасным объектом анализа, так как к материалам, применяемым для изготовления деталей самолётов, предъявляются требования высокого ресурса работы в условиях циклических нагрузок и трения. Одним из основных материалов, которые применяются в машиностроении, являются титановые сплавы. Они обладают хорошими коррозионными и механическими свойствами, однако по износостойкости они значительно уступают кобальт-хромовым сплавам по причине

высокой химической активности и слабого сцепления тонкого оксидного слоя с поверхностью. Поэтому целью данной работы стало исследование износостойкости образков из титанового сплава Ti-6Al-4V и кобальт-хромового сплава в виде шаровых головок в паре трения со сверхмолекулярным полиэтиленом. Испытания проводили при постоянной осевой нагрузке 2250Н и частоте вращения 25 об/сек.

Вначале были определены значения коэффициента трения в зависимости от количества оборотов. Исследования показали, что наименьший коэффициент трения имеет шаровая головка из сплава Co-Cr-Mo. Его значение с увеличением количества циклов практически не изменяется, а внутренняя полость чаши из СВМПЭ после испытаний оставалась чистой без видимых следов износа. При испытании шаровой головки из сплава Ti-6Al-4V с увеличением количества оборотов наблюдается резкое увеличение коэффициента трения, и уже после 50-ти оборотов оно в 4 раза превышает значение коэффициента трения для кобальт-хромового сплава. После проведения испытаний в чаше из СВМПЭ были обнаружены продукты износа.

Затем был определен годовой износ полиэтилена при сухом трении шаровых головок. В трущейся паре в наибольшей степени изнашивается полиэтиленовый вкладыш. Было обнаружено, что износ полиэтилена при трении с металлической шаровой головкой из сплавов Ti-6Al-4V в 2 раза превышает аналогичные значения износа пары с шаровой головкой из кобальт-хромового сплава. Но титановые сплавы, благодаря низкой плотности и высокому сопротивлению коррозии, могли бы составить конкуренцию кобальтовым сплавам в трущихся парах, если создать на поверхности модифицированный слой, стойкий к истиранию.

Таким образом, проведённые исследования показали, что в паре со сверхмолекулярным полиэтиленом образцы из кобальт-хромового сплава имели более высокое сопротивление износу по сравнению с титановым сплавом. Дальнейшие исследования буду направлены на изучение возможности модификации поверхности титанового сплава для повышения её износостойкости и кобальт-хромового сплава для снижения износа СВМПЭ.

Study of the wear resistance of materials under friction against high molecular weight polyethylene

Orlov A.A., Sopelnik D.O., Neiman A.V., Ruchina N.V.
MAI, Moscow, Russia

The connection of various structural elements of the airframe of aircraft is carried out using a variety of fasteners. These products must combine high manufacturability and specific strength at room temperature, resistance to corrosion, cyclic and other loads. However, the question of the optimal choice of metal materials used for the aviation industry remains open to this day and causes fundamental discussions among developers and manufacturers. The mechanics of a friction pair of an articulated joint makes it an excellent object of analysis, since the materials used for the manufacture of aircraft parts require a high service life under conditions of cyclic loads and friction. Titanium alloys are one of the main materials used in mechanical engineering. They have good corrosion and mechanical properties, however, in terms of wear resistance, they are significantly inferior to cobalt-chromium alloys due to their high chemical activity and poor adhesion of a thin oxide layer to the surface. Therefore, the purpose of this work was to study the wear resistance of specimens made of titanium alloy Ti-6Al-4V and cobalt-chromium alloy in the form of ball heads in a pair of friction with ultramolecular polyethylene. The tests were carried out at a constant axial load of 2250N and a rotational speed of 25 r/s.

First, the values of the coefficient of friction were determined depending on the number of revolutions. Studies have shown that a ball head made of Co-Cr-Mo alloy has the lowest coefficient of friction. Its value practically does not change with an increase in the number of cycles, and the inner cavity of the UHMWPE bowl after the tests remained clean without visible traces of wear. When testing a ball head made of Ti-6Al-4V alloy, with an increase in the number of revolutions, a sharp increase in the coefficient of friction is observed, and after 50 revolutions it is 4 times higher than the value of the coefficient of friction for a cobalt-chromium alloy. After testing, wear products were found in the UHMWPE bowl.

Then, the annual wear of polyethylene was determined during dry friction of ball heads. In a rubbing pair, the polyethylene liner wears out the most. It was found that the wear of polyethylene during friction with a metal ball head made of Ti-6Al-4V alloys is 2 times higher than that of a pair with a ball head made of a cobalt-chromium alloy. But titanium alloys, due to their low density and high corrosion resistance, could compete with cobalt alloys in rubbing pairs, if a modified abrasion-resistant layer is created on the surface.

Thus, the studies carried out have shown that in a pair with ultramolecular polyethylene, samples from a cobalt-chromium alloy had a higher wear resistance compared to a titanium alloy. Further research will be aimed at studying the possibility of modifying the surface of a titanium alloy to increase its wear resistance and a cobalt-chromium alloy to reduce the wear of UHMWPE.

К вопросу о применении средств математического моделирования при изготовлении лопаток ГТД методами обработки металлов давлением

Палтиевич А.Р., Ерёмичев А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Лопатка турбины является одним из самых наукоемких и сложных изделий при изготовлении компонентов газотурбинных двигателей (ГТД). Значительная часть лопаток ГТД изготавливаются методами обработки металлов давлением (ОМД) из предварительно отштампованных заготовок.

Сложность изготовления лопатки обуславливается высокими эксплуатационными требованиями и конструктивной сложностью. По виду профильной части лопатки ГТД подразделяют на лопатки постоянного и переменного сечений. Лопатки всегда имеют начальную закрутку, то есть углы, образованные прямой, соединяющей кромки сечения с осью турбины, называемыми углами установки сечений. Эти углы задаются различными по высоте, с плавным увеличением от корня к вершине.

Основной материал лопаток ГТД – титановые сплавы, позволяющие изготовить лопатки длиной до 1500 мм.

Совершенствование технологических процессов изготовления лопаток ГТД средствами математического моделирования в условиях современного технологического производства является актуальной задачей. Моделирование технологических процессов, позволяющее еще на стадии разработки, исключить неудачные технологические решения, важный элемент проектирования современных наукоемких технологических процессов.

Примером моделирования технологического процесса изготовления лопатки ГТД, является использование программного обеспечения (ПО) QForm, отечественного разработчика Quantor Form. Данное ПО, на основе исходных данных в виде геометрического образа заготовки и штампов, материалов, начальных температурно-скоростных условий деформирования, позволяет рассчитать основные параметры техпроцессов изготовления лопаток ГТД, а также произвести моделирование послеоперационной термообработки, прогнозирование микроструктуры металла во время и в конце деформирования, определить наличие дефектов штамповки.

Таким образом, применение средств математического моделирования при разработке сложных, дорогостоящих техпроцессов, является необходимым научным уровнем проектирования, обеспечивающим в получаемом изделии требуемый уровень механических и эксплуатационных свойств.

Литература:

1. Палтиевич А.Р., Мельникова Д.А. Разработка технологии высокоскоростной штамповки лопаток ГТД из сплава ВТ6, с применением средств математического моделирования / 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» 23 - 27 ноября 2020, с. 698-699.

2. Галкин В.И., Палтиевич А.Р., Головкина М.Г. Прогнозирование распределения механических свойств по объему полуфабрикатов в зависимости от технологических параметров процесса горячей обработки металлов давлением / Металлы. 2017, №5, С.96-102.

On the issue of the use of mathematical modeling tools in the manufacture of gas turbine blades by metal pressure treatment

Paltievich A.R., Eremichev A.A.
MAI, Moscow, Russia

The turbine blade is one of the most knowledge-intensive and complex products in the manufacture of components for gas turbine engines (GTE). A significant part of GTE blades are manufactured by metal pressure processing (PMD) from pre-stamped blanks.

The complexity of manufacturing a blade is due to high operational requirements and structural complexity. By the type of the profile part, the blades of the gas turbine engine are subdivided into blades of constant and variable cross-sections. The blades always have an initial twist, that is, the angles formed by a straight line connecting the edges of the section with the axis of the turbine, called the angles of setting the sections. These angles are set at different heights, with a gradual increase from root to apex.

The main material of GTE blades is titanium alloys, which make it possible to manufacture blades up to 1500 mm long.

Improvement of technological processes for the manufacture of GTE blades by means of mathematical modeling in the conditions of modern technological production is an urgent task. Modeling of technological processes, which allows, even at the development stage, to exclude unsuccessful technological solutions, is an important element of the design of modern science-intensive technological processes.

An example of modeling the technological process of manufacturing a GTE blade is the use of QForm software, a domestic developer of Quantor Form. This software, based on the initial data in the form of a geometric image of the workpiece and dies, materials, initial temperature and rate conditions of deformation, allows you to calculate the main parameters of the technological processes of manufacturing GTE blades, as well as to simulate the postoperative heat treatment, to predict the microstructure of the metal during and at the end of deformation, determine the presence of stamping defects.

Thus, the use of mathematical modeling tools in the development of complex, expensive technical processes is a necessary scientific level of design that provides the required level of mechanical and operational properties in the resulting product.

References:

1. Paltievich A.R., Melnikova D.A. Development of technology for high-speed stamping of GTE blades from VT6 alloy, using mathematical modeling tools / 18th International Conference "Aviation and Astronautics" November 23 - 27, 2020, p. 698-699.

2. Galkin V.I., Paltievich A.R., Golovkina M.G. Prediction of the distribution of mechanical properties over the volume of semi-finished products depending on the technological parameters of the process of hot metal forming / Metals. 2017, No. 5, P.96-102.

Сравнение технологических процессов штамповки с вращающимся инструментом при помощи конечно-элементного моделирования в программе QForm

Петров М.А., Матвеев А.Г., Петров П.А., Сапрыкин Б.Ю.
Мосполитех, г. Москва, Россия

С целью снижения номинальной силы оборудования и его размеров для реализации некоторых процессов обработки металлов давлением (ОМД) в начале XX века были разработаны машины, позволяющие изготавливать осесимметричные детали больших размеров, например, такие, как шкивы и железнодорожные колёса. Благодаря введению в кинематику выходного звена машины вращательного движения помимо поступательного, уровень сдвиговых напряжений повысился, что позволило достичь более интенсивного течения материала при пластической деформации. Так появились процессы и оборудование сферодвижной штамповки, а позднее штамповки с кручением [1,2]. В XXI веке появляются сервоприводы, которые позволяют пересмотреть подход в проектировании прессового оборудования и перейти к «гибким» штамповочным системам, работающим на гексаподном принципе [3]. При правильном проектировании штампового инструмента и добавления,

например, ультразвука, можно изготавливать не только осесимметричные поковки, но и поковки, относящиеся к области микроштамповки [4–6]. Проектирование новых процессов и машин с комбинированным движением выходного звена стало дорогостоящим занятием. С этой целью успешно применяют численное моделирование [7–9].

Для численного исследования процесса была применена программа QForm, работающая на методе конечных элементов (КЭ). В работе было показано, что величина силы деформирования, требующаяся для процесса холодной объёмной штамповки (ХОШ) поковки «Шестерня коническая» в два раза превышает силу процесса штамповки с кручением (ШК) при получении аналогичной детали. Процесс сферодвижной штамповки (СДШ) требует в четыре раза меньше силы, чем процесс ШК, но требует сложного оборудования и методики проектирования штампов. Также показано, что тенденция изменения уровня интенсивности напряжений и упругой деформации совпадает с тенденцией изменения силы деформирования для трёх процессов. Геометрическая форма поковки несимметрична для процесса СДШ, что вызвано частым проскальзыванием. Наоборот, для процессов ХОШ и ШК геометрия поковки полностью соответствовала требуемой.

Литература:

1. 60 Excellent Inventions in Metal Forming, eds. A.E. Tekkaya, W. Homberg, A. Brosius, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, p. 439.

2. Субич В.Н., Дёмин В.А., Шестаков Н.А., Власов А.В., Штамповка с кручением, монография, М.: МГИУ, 2008, с. 389.

3. Hesselbach J., Behrens B.-A., Dietrich F., Rathmann S., Poelmeyer J., Flexible forming with hexapods, Vol. 1(4), 2007, pp. 429–436.

4. Han X., Jin Q., Hua L., Research on Cold Orbital Forming of Complex Sheet Metal of Aluminum Alloy, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 139, 2017, 061013 (9 pages).

5. Han X., Hu Y., Hua L., Cold orbital forging of gear rack, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 117, 2016, pp. 227–242.

6. Presz W., Ultrasonic Orbital Microforming – A New Possibility in the Forming of Microparts, Metals, Vol. 8, 2018, 889 (14 pages).

7. Степанов Б.А., Петров М.А., Винтовой пресс для штамповки с кручением, Известия ТулГУ. Серия: Технические науки, №11 (1), 2017, стр. 271–277.

8. Petrov M.A., Subich V.N., Petrov P.A., Experimental and numerical research on forging with torsion, AIP Conference Proceedings, Vol. 1896, 2017, 190024 (7 pages).

9. Бурлаков И.А., Забельян Д.М., Петров П.А., Степанов Б.А., Бач В.Ч., Определение рациональных режимов осадки с кручением заготовок титана ВТ1-0 с применением метода активного эксперимента, Заготовительные производства в машиностроении, № 5, 2019, стр. 203–207.

Comparison of the forging technological processes with rotating tools with the help of the FE-simulation in QForm

Petrov M.A., Matveev A.G., Petrov P.A., Saprykin B.Yu.
Moscow Polytech, Moscow, Russia

At the beginning of the 20th century, there was machines' development, which help to reduce the nominal force of equipment and its size for some metal forming processes (MFP), especially for axisymmetric parts with large dimensions, such as pulleys and railway wheels. By initiating rotational motion into the machine's output link kinematic additionally to the translational motion, the level of shear stresses increased, allowing more intense material flow during plastic deformation. Thus, the processes and equipment of orbital forging and, later, torsion with forging were developed [1,2]. In the 21st century, after designing servo drives, it allows totally redesigning the forging equipment and step forward the “flexible” material forming systems, working on the hexapod principle [3]. With the proper design of the forging tool set and adding, for example, ultrasound, not only axisymmetric forgings can be produced, but also forgings from the field of microforming [4-6]. The design of new processes and machines with the combined motion of the output link has become a cost-intensive task. To reduce costs, numerical simulation has been successfully applied [7-9].

For the simulation of the process, the program QForm working on the finite element method (FEM) has been used. The paper shows, that the value of deformation force required for the process of cold bulk forming (CBF) “Bevel gear” is two times higher than the force of the forging with torsion (FT) process in obtaining the same half-part. The orbital forging (OF) process requires four times less force than the FT process but requires complex equipment and special die design methodology. It is also shown, that the trend of stress intensity level and elastic deformation corresponds to the trend of deformation force for the three processes under study. The geometric shape of the half-part is axisymmetric for the OF process, which is caused by often appeared sliding. On the contrary, for the CBF and FT processes, the geometry of the half-part was correctly obtained.

References:

1. 60 Excellent Inventions in Metal Forming, eds. A.E. Tekkaya, W. Homberg, A. Brosius, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, p. 439.

2. Subich V.N., Demin V.A., Shestakov N.A., Vlasov A.V., Shtampovka s krucheniem, monografiya, M.: MGIU, 2008, s. 389.

3. Hesselbach J., Behrens B.-A., Dietrich F., Rathmann S., Poelmeyer J., Flexible forming with hexapods, Vol. 1(4), 2007, pp. 429–436.

4. Han X., Jin Q., Hua L., Research on Cold Orbital Forming of Complex Sheet Metal of Aluminum Alloy, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 139, 2017, 061013 (9 pages).

5. Han X., Hu Y., Hua L., Cold orbital forging of gear rack, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 117, 2016, pp. 227–242.

6. Presz W., Ultrasonic Orbital Microforming – A New Possibility in the Forming of Microparts, Metals, Vol. 8, 2018, 889 (14 pages).

7. Stepanov B.A., Petrov M.A., Vintovoi press dlya shtampovki s krucheniem, Izvestiya TulGU. Seriya: Tekhnicheskie nauki, №11 (1), 2017, pp. 271–277.

8. Petrov M.A., Subich V.N., Petrov P.A., Experimental and numerical research on forging with torsion, AIP Conference Proceedings, Vol. 1896, 2017, 190024 (7 pages).

9. Burlakov I.A., Zabelyan D.M., Petrov P.A., Stepanov B.A., Bach V.Ch., Opredelenie ratsionalnykh rezhimov osadki s krucheniem zagotovok titana VT1-0 s primeneniem metoda aktivnogo eksperimenta, Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii, № 5, 2019, pp. 203–207.

Влияние газовых примесей на конструктивную прочность полуфабрикатов из быстрозакристаллизованных частиц сплава

Петухова О.С., Смирнова Е.А., Ягудин Т.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

На характеристики конструктивной прочности существенное влияние оказывают газовые примеси и форма дефектов, образующихся в результате контакта газовой атмосферы с поверхностью быстрокристаллизующихся частиц. Исследования позволяют сделать вывод об определяющем влиянии газовых примесей на характеристики конструктивной прочности прессованных полос из гранул порошков высокопрочного алюминиевого сплава. При этом технологическим процессом, ответственным за количество газовых примесей в полуфабрикатах, является дегазация. Число циклов до разрушения у полос, изготовленных из гранул алюминиевого сплава, существенно возрастает с ростом температуры дегазации. С повышением температуры дегазации увеличивается разброс результатов при испытаниях образцов на сопротивление разрушению при МЦУ. Это говорит о неполном прохождении процесса дегазации. В то же время, общий уровень образцов, изготовленных из порошкового сплава, имеет более низкий общий уровень, который не поднимается выше 100000 циклов при температуре дегазации (400-500) градусов Цельсия. Потенциальные возможности порошкового сплава при таком режиме не реализуется полностью. Это связано с большим количеством водорода и кислорода в порошковых полуфабрикатах. Даже небольшие изменения в содержании кислорода оказывают существенное влияние на сопротивление МЦУ.

Уменьшение содержания кислорода от 0,1 масс.% до 0,06 масс.% приводит к росту усталостной прочности на порядок: с 50000 циклов до 500000 циклов до разрушения.

При этом разброс показаний, характеризуемый коэффициентами корреляции на уровне 0.6, говорит о низкой представительности проб для определения содержания кислорода.

При уменьшении содержания водорода от 1.0 куб. см/100г до 0.3 куб. см/100 г число циклов до разрушения возрастает от 30000 до 500000 циклов. При контроле образцов на содержание водорода поверхностная составляющая в среднем была 0.22 куб. см/100 г на образцах диаметром (5-8) мм. Поэтому, из общего количества водорода, определенного методом вакуумной экстракции, при построении зависимостей вычитали величину поверхностного водорода. В дальнейшем, за величину растворенного водорода принимали среднее арифметическое между данными, полученными методом вакуумной экстракции и масс-спектрометрическим методам с поправкой на поверхностный водород.

Результаты гранульного варианта имеют большую дисперсию. Газовые примеси оказывают влияние не только на сопротивление разрушению при малоцикловой усталости, но и такие характеристики конструктивной прочности, как скорость роста усталостной трещины и вязкость разрушения.

Существенную роль играют пластичность полуфабриката и распределение оксидной пленки вдоль границы в процессе пластической деформации. Сравнивая оба вида материалов – прессованные полосы из порошков и гранул исследуемого высокопрочного алюминиевого сплава – вырисовываться два взаимосвязанных момента, содержание кислорода в брикете и в отпрессованной из него полосе из порошкового варианта сплава составляет около 0.6 масс%.

Это значительно больше, чем в гранульном сплаве. Следовательно, несмотря на высокие прочностные свойства, полуфабрикаты из порошкового сплава имеют более низкие значения усталостных испытаний и сопротивление распространению усталостных трещин.

Influence of gas impurities on the structural strength of semi-finished products from rapidly crystallized alloy particles

Petukhova O.S., Smirnova E.A., Yagudin T.G.
MAI, Moscow, Russia

The characteristics of the structural strength are significantly influenced by gas impurities and the shape of defects formed as a result of the contact of the gas atmosphere with the surface of rapidly crystallizing particles. The studies allow us to conclude about the decisive influence of gas impurities on the characteristics of the structural strength of pressed strips from granules of high-strength aluminum alloy powders. In this case, the technological process responsible for the amount of gas impurities in semi-finished products is degassing. The number of cycles to failure in strips made of aluminum alloy granules increases significantly with an increase in the degassing temperature. With an increase in the degassing temperature, the scatter of results in testing specimens for fracture resistance at MCC increases. This indicates an incomplete passage of the degassing process. At the same time, the overall level of samples made of powder alloy has a lower overall level, which does not rise above 100,000 cycles at a degassing temperature (400-500) degrees Celsius. The potential capabilities of the powder alloy in this regime are not fully realized. This is due to the large amount of hydrogen and oxygen in powder semi-finished products. Even small changes in oxygen content have a significant impact on the MCC resistance.

A decrease in the oxygen content from 0.1 wt% to 0.06 wt% leads to an increase in fatigue strength by an order of magnitude: from 50,000 cycles to 500,000 cycles before failure.

At the same time, the scatter of readings, characterized by correlation coefficients at the level of 0.6, indicates a low representativeness of samples for determining the oxygen content.

With a decrease in the hydrogen content from 1.0 cubic meters. cm/100g to 0.3 cu. cm/100 g, the number of cycles to failure increases from 30,000 to 500,000 cycles. When the samples were controlled for hydrogen content, the surface component averaged 0.22 cubic meters. cm/100 g on samples with a diameter of (5-8) mm. Therefore, the surface hydrogen value was subtracted from the total amount of hydrogen determined by the vacuum extraction method when plotting the dependences. Subsequently, the value of dissolved hydrogen was taken as the arithmetic mean between the data obtained by vacuum extraction and mass spectrometric methods corrected for surface hydrogen.

The results of the granular variant have a large variance. Gas impurities affect not only the low-cycle fatigue fracture resistance, but also such characteristics of structural strength as the fatigue crack growth rate and fracture toughness.

An essential role is played by the plasticity of the semifinished product and the distribution of the oxide film along the boundary during plastic deformation. Comparing both types of materials – pressed strips from powders and granules of the investigated high-strength aluminum alloy – two interrelated moments emerge, the oxygen content in the briquette and in the strip pressed from it from the powder version of the alloy is about 0.6 wt%.

This is significantly more than in a granular alloy. Consequently, in spite of high strength properties, semi-finished products made of powder alloy have lower fatigue test values and resistance to fatigue crack propagation.

Влияние напряженно-деформированного состояния сплава ОТ4-1 на образование физического контакта в процессе тугой посадки в системе «втулка-вал»

Пицык В.С., Дмитриев Э.А., Муравьев В.И., Григорьев В.В.
КнАГУ, г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

Для исследований использовали лист толщиной 12 мм из титанового сплава авиационного назначения марки ОТ4-1. Холодную тугую посадку (ТП) производили на испытательной машине Instron 3382 с постоянной скоростью 5 мм/мин. Химический состав определяли на оптико-эмиссионном анализаторе Q4 Matrix Analysis Results. Измерения микротвердости осуществляли на микротвердомере Shimadzu HMV при величине нагрузки на индентер P = 0,9807 Н. Микроструктуру исследовали на оптическом микроскопе Nikon MA200 и растровом электронном микроскопе Hitachi S 3400-N. Испытания на выпрессовку имитирующие испытания на срез цельных образцов по ГОСТ Р 50076-92 производили на испытательном комплексе Instron 3382. Анализ распределения легирующих компонентов производили на растровом электронном микроскопе Hitachi S 3400-N в режиме точечного измерения химического состава в 12 точках на 4 участках шлифа.

Микроструктура претерпела пластическую деформацию. Аналогично исходной структуре α-пластины разделены прослойками вторичной α-фазы и распавшейся β-фазой. При удалении от границы раздела (сопряжения) степень деформации структуры уменьшается. Область физического контакта общая для «втулки и вала». Наблюдается чередование структурных колоний от области физического контакта, где структура мелкозернистых α-пластин без явно выраженных границ и далее деформированные α-пластины, собранные в колонии, параллельны между собой и ориентированы вдоль границы сопряжения. Все это явное свидетельство образования физического контакта в неразъемном соединении.

Распределение микротвердости материала в приконтактной области (ПО) физического контакта неравномерное по всему сечению. Максимум значений в зоне физического контакта более чем на 200% превышает значения микротвердости основного металла. Резкое снижение микротвердости, как для ПО втулки, так и для вала наблюдается на расстоянии ±100 мкм от линии физического контакта. Пластическая деформация при ТП образцов системы «втулка и вал» из титанового сплава ОТ4-1 приводит к диффузионным процессам изменения распределения легирующих элементов, в частности Al и Mn в ПО физического контакта. По «скачкам» в изменении распределения средних значений содержания Al и Mn в ПО физического контакта, и, в особенности, по величине разброса, четко прослеживаются процессы стадийности-дискретности и изменения под влиянием упругопластической деформации. Расчеты распределения плотности дислокаций (скачкообразный характер увеличений и уменьшений) по результатам микротвердости показали полное совпадение с закономерностями изменения структуры, распределения легирующих компонентов и микротвердости при холодной ТП системы «втулка и вал» с натягом 450 мкм из сплава ОТ4-1.

Испытаниями на выпрессовку образцов системы «втулка и вал» из сплава ОТ4-1 после холодной ТП с натягом 450 мкм установлено, что прочность физического контакта увеличилась по сравнению с натягом 200 мкм более чем на 50%, но по сравнению с

прочностью основного металла составила всего 45%. Результатами исследований установлено, что выбранные условия холодной тугой посадки системы «втулка и вал» из сплава ОТ4-1 с натягом 450 мкм способствует первой стадии образования физического контакта на площади соприкосновения 60% с существенным напряженным состоянием в объеме приконтактной области. В процессе упругопластической деформации это создает благоприятные условия для образования качественного НС, т.е. получения общих зерен и свойств в ПО физического контакта одинаковыми со свойствами основного металла.

The effect of the stress-strain state of the OT4-1 alloy on the formation of physical contact during a tight fit in the bushing-shaft system

Pitsyk V.S., Dmitryev E.A., Muravyev V.I., Grigorev V.V.
KnASTU, Komsomolsk-on-Amur, Russia

For the research, a 12 mm thick sheet of titanium alloy of aviation grade OT4-1 was used. The microstructure was studied using a Nikon MA200 optical microscope and a Hitachi S 3400-N scanning electron microscope. Pressing tests simulating cut tests of whole samples according to GOST R 50076-92 were performed at the Instron 3382 test complex. The analysis of the distribution of alloying components was performed on a Hitachi S 3400-N scanning electron microscope in the mode of point measurement of chemical composition at 12 points on 4 sections of the strip.

The microstructure has undergone plastic deformation. Similarly to the initial structure, the α-plates are separated by layers of the secondary α-phase and the decayed β-phase. When moving away from the interface, the degree of deformation of the structure decreases. The area of physical contact is common to the "bushing and shaft". There is an alternation of structural colonies from the area of physical contact, where the structure of fine-grained α-plates without pronounced boundaries and further deformed α-plates assembled in colonies are parallel to each other and oriented along the interface boundary. All this is clear evidence of the formation of physical contact in an all-in-one connection.

The distribution of the microhardness of the material in the contact area of the physical contact is uneven throughout the cross section. The maximum values in the physical contact zone are more than 200% higher than the microhardness values of the base metal. A sharp decrease in microhardness, both for the bushing and for the shaft, is observed at a distance of ±100 microns from the line of physical contact. Plastic deformation during TL of samples of the bushing and shaft system made of titanium alloy OT4-1 leads to diffusion processes of changing the distribution of alloying elements, in particular Al and Mn in physical contact. According to the "jumps" in the change in the distribution of the average values of Al and Mn content in physical contact, and, in particular, in the magnitude of the spread, the processes of stage-discreteness and changes under the influence of elastic-plastic deformation are clearly traced. Calculations of the dislocation density distribution (the discontinuous nature of increases and decreases) based on the results of microhardness showed complete agreement with the patterns of changes in the structure, distribution of alloying components and microhardness during cold TL of the "bushing and shaft" system with a 450 μm tension from the OT4-1 alloy.

Tests for pressing out samples of the bushing and shaft system made of OT4-1 alloy after cold TL with a tension of 450 microns found that the strength of physical contact increased by more than 50% compared to the tension of 200 microns, but compared with the strength of the base metal was only 45%. The results of the research have established that the selected conditions of a cold tight fit of the "bushing and shaft" system made of OT4-1 alloy with a tension of 450 microns contributes to the first stage of the formation of physical contact on the contact area of 60% with a significant stress state in the volume of the contact area. In the process of elastic-plastic deformation, this creates favorable conditions for the formation of high-quality welding, i.e. obtaining common grains and properties in physical contact with the same properties of the base metal.

Аддитивные технологии в миниатюрных гидроприводах

Пузанов А.В., Кузнецов Н.А., Федин А.В., Косорукова О.В.
[1]КГТА, г. Ковров, Россия

Развитие беспилотного транспорта, в том числе летательных аппаратов, предопределяет тенденции миниатюризации приводной техники. Основными конкурентными потребительскими свойствами: малые габариты, вес и высокая удельная мощность и быстродействие. Актуальной проблемой приводостроения беспилотной техники легкого и сверх- и ультралегкого классов является повышения удельной мощности приводных систем и элементов при минимизации их габаритов и веса. Отдельной прикладной задачей для разработчиков приводной техники является проблема встраивания изделия в предопределенный объем. В данном контексте преимущества гидропривода, учитывая возможности распределенной компоновки, неоспоримы.

Эволюция техники, улучшение потребительских качеств определяет новые, более жесткие требования к самим компонентам изделий и, в конечном счете, конструкционным материалам (в частности, по контактной прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и т.п.).

Использование передовых производственных технологий, на основе передовых конструкционных материалов – тенденция развития и гарантия стабильности на рынке производителя современного гидравлического оборудования, поскольку пределы инноваций конструктивных разработок ограничиваются возможностями заложенных в них материалов. Свыше 80% прорывных технологий и инновационных разработок в локомотивных отраслях промышленности базируются на применении новых технологий и материалов.

Стимулом развития тенденции к миниатюризации изделий на фундаменте новых конструкционных материалов стал стремительное развитие и широкое распространение аддитивных технологий. Этот метод основан на процессе спекания микрогранул элементов, не образующих расплавов, и, таки образом стало возможным достижение новых механических и физических свойств конструкционного материала (высокая прочность, термостойкость, трибостойкость, коррозионная стойкость, магнитное сопротивление и т.д.).

Другим неоспоримым преимуществом аддитивных технологий является возможность получения сборочной единицы одной деталью, а также комбинация функций корпусных элементов с функционалом гидропривода.

Среди последних достижений аддитивных технологий актуальным для гидроприводов является получение би- и триметаллов. Таким образом решается проблема трибопар сопряженных узлов и деталей – повышение их износостойкости.

Обозначенные достоинства определяют научно-техническую новизну – создание миниатюрных гидроприводов с высокой удельной мощностью для беспилотных летательных аппаратов легкого и сверхлегкого классов.

В процессе работ в данном направлении была разработана имитационная модель привода, проведены модельные эксперименты. Опытный образец проходит тестовые испытания.

Additive technologies in miniature hydraulic drives

Puzanov A.V., Kuznetsov N.A., Fedin A.V., Kosorukova O.V.
KSTA, Kovrov, Russia

The development of unmanned vehicles, including aircraft, predetermines the trend towards miniaturization of drive technology. The main competitive consumer properties: small size, weight and high power density and speed. The actual problem of the drive building of unmanned vehicles of light and super- and ultra-light classes is to increase the specific power of drive systems and elements while minimizing their dimensions and weight. A separate applied problem for developers of drive technology is the problem of embedding a product in a predetermined volume. In this context, the advantages of a hydraulic drive, given the possibilities of a distributed arrangement, are undeniable.

The evolution of technology, the improvement of consumer qualities determine new, more stringent requirements for the very components of products and, ultimately, structural materials (in particular, for contact strength, wear resistance, corrosion resistance, etc.).

The use of advanced production technologies based on advanced structural materials is a development trend and a guarantee of stability in the market for a manufacturer of modern hydraulic equipment, since the limits of innovation in structural developments are limited by the capabilities of the materials embedded in them. Over 80% of breakthrough technologies and innovative developments in the locomotive industries are based on the use of new technologies and materials.

The impetus for the development of the trend towards miniaturization of products on the basis of new construction materials was the rapid development and widespread use of additive technologies. This method is based on the process of sintering microgranules of elements that do not form melts, and thus it became possible to achieve new mechanical and physical properties of the structural material (high strength, heat resistance, tribological resistance, corrosion resistance, magnetic resistance, etc.).

Another indisputable advantage of additive technologies is the possibility of obtaining an assembly unit in one piece, as well as a combination of the functions of body elements with the functionality of a hydraulic drive.

Among the latest advances in additive technologies, the production of bi- and trimetals is relevant for hydraulic drives. Thus, the problem of tribo-pairs of mating units and parts is solved - increasing their wear resistance.

The indicated advantages determine the scientific and technical novelty - the creation of miniature hydraulic drives with a high specific power for unmanned aerial vehicles of light and ultralight classes.

In the process of work in this direction, a simulation model of the drive was developed, and model experiments were carried out. The prototype is being tested.

Создание универсального комплекса для применения электронно-лучевых технологий

Старков И.Н., Рожков К.А.

АО «ПЗ «МАШ»; ПНИПУ, г. Пермь, Россия

Бурное развитие техники требует разработки новых методов изготовления деталей. Еще 10 лет назад электронно-лучевая сварка считалась передовым методом, сейчас же для воплощения идей разработчиков требуются совершенно новые технологии, позволяющие реализовать самые смелые идеи конструкторов. Коллективных авторов в работе решает задачу по реализации технологии синтеза деталей, соединению их сваркой с минимальными деформациями, снятию возникающих внутренних напряжений и поверхностной модификации механических свойств материалов посредством электронного-луча с минимальными финансовыми затратами.

Целью настоящей работы является – создание универсального комплекса для электронно-лучевых технологий без капитальных вложений на приобретение нового оборудования.

В основе разработки универсального комплекса была установка электронного-лучевой сварки ТЕТА 15Е1000, оснащенной энергоблоком с ускоряющем напряжением до 30 кВ.

Для реализации комплекса электронно-лучевых технологий проводится модернизация данной установки с внедрением следующего оборудования:

• механизма подачи проволоки и трех координатного стола для выращивания изделий;

• пирометр, термопары, термодат и т.д для технологии поверхностного упрочнения изделий и термообработки сварных швов.

После модернизации планируются отработка следующих новых технологий для предприятия:

• Аддитивное выращивание изделий с помощью электронного луча (проведены опытные работы по возможности выращивания образцов).

• Поверхностное упрочнение изделий и термообработка сварных швов.

После модернизации и внедрения данный универсальный комплекс расширит технологические возможности предприятия

Introduction of the technology of layer-by-layer growing of heat-resistant steel products using an electron beam

Starkov I.N., Rozhkov K.A.
PP "MASH"; PNRPU, Perm, Russia

The rapid development of technology requires the development of new methods for the manufacture of parts. Even 10 years ago, electron beam welding was considered an advanced method, but now, to implement the ideas of developers, completely new technologies are required to realize the most daring ideas of designers. Collective authors in the work solves the problem of implementing the technology of synthesis of parts, joining them by welding with minimal deformations, removing the arising internal stresses and surface modification of the mechanical properties of materials by means of an electron beam with minimal financial costs.

The purpose of this work is to create a universal complex for electron beam technologies without capital investments for the purchase of new equipment.

The development of the universal complex was based on the TETA 15E1000 electron-beam welding unit equipped with a power unit with an accelerating voltage of up to 30 kV.

To implement a complex of electron beam technologies, this installation is being modernized with the introduction of the following equipment:

• A wire feed mechanism and a three coordinate table for growing products.

• Pyrometer, thermocouples, thermodat, etc. for the technology of surface hardening of products and heat treatment of welded seams.

After the modernization, it is planned to test the following new technologies for the enterprise:

• Additive growth of products using an electron beam (experimental work was carried out on the possibility of growing samples).

• Surface hardening of products and heat treatment of welded seams.

After modernization and implementation, this universal complex will expand the technological capabilities of the enterprise.

Влияние продолжительности вакуумной ионно-плазменной обработки на стойкость нитридных покрытий на титановом сплаве при обработке в вакууме

Степушин А.С., Шалин А.В., Гвоздева О.Н., Исламов Р.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Одной из основных тенденций в совершенствовании материалов для бронирования является создание материалов с градиентными структурами при помощи различных технологий. Благодаря удачному сочетанию физико-механических свойств двухфазные титановые сплавы являются перспективными материалами для создания на их основе лёгких бронематериалов. А применение термоводородной обработки, основанной на обратимом легировании водородом, является технологией создания линейно-изменяющихся градиентных структур. Однако при создании указанной структуры необходимо обеспечить направленный «вход» водорода только с одной стороны полуфабриката. Для этого остальные стороны требуют «защиты» от проникновения водорода.

Одним из барьерных покрытий является оксидное покрытие, формирующееся при высокотемпературном окислении в воздушной атмосфере. Однако при нагреве в вакууме оно частично растворяется и происходит насыщение сплава водородом с «защищённых» сторон. Кроме того, такое покрытие характеризуется наличием протяжённого альфированного слоя (до 250 мкм), который требует последующего удаления. Альтернативным барьерным покрытием является нитридное покрытие, которое практически не образует диффузионной переходной зоны и имеет прочное сцепление с поверхностью полуфабриката.

Поэтому цель исследований состояла в изучении влияния продолжительности напыления нитрида на качество формирующихся покрытий и их стойкость при последующем вакуумном отжиге.

Для формирования на поверхности образцов из сплава ВТ6 нитридных покрытий они подвергались вакуумной ионно-плазменной выдержки от 5 до 60 минут при температуре 400С. Анализ полученных результатов показал, что независимо от продолжительности

обработки на поверхности образцов формируется сплошное покрытие золотисто-желтого цвета. Толщина нитридных покрытий с увеличением продолжительности напыления увеличивается с 0,7 до 4,2 мкм. Однако в покрытии, сформированном при напылении в течение 5 минут обнаруживаются мелкие поры, что, по видимому, связано с недостаточной его толщиной. В остальных нитридных покрытиях дефектов сплошности не обнаружено.

Оценку стойкости сформированных нитридных покрытий проводили в вакууме при температуре 800С в течение 1 часа. Установлено, что вакуумный отжиг не оказывает влияния на толщину и цвет покрытий, сформированных в течение различного времени напыления. В то же время, в покрытии напылённого в течение 5 минут наблюдается увеличение размера существующих пор и образование новых. А в покрытиях напылённых в течение 45 и 60 мин. обнаруживаются мелкие трещины, образование которых связано с высоким уровнем остаточных термических напряжений, сохранившимся после напыления. Это факторы могут снизить защитные свойства нитридных покрытий при последующем наводороживаюем отжиге.

Таким образом проведённые исследования показали, что оптимальное время напыления нитрида титана для формирования барьерного нитридного покрытия с высокими изолирующими свойствами от проникновения водорода при наводороживающем отжига составляет 20 и 30 мин.

1. Ильин А.А., Скворцова С.В., Спектор В.С., Куделина И.М., Мамонтова Н.А. Создание градиентной структуры в титановом сплаве термоводородной обработкой // ТЛС. 2011. №, с. 37-41.

2. Gvozdeva O.N., Shalin A.V., Stepushin A.S. Oxide films resistance to hydrogen penetration in VT6 titanium alloy // IOP Conference Series Materials Science and Engineering, Volume 889, Issue 1, pp. 1-7, article № 012005, 2020, doi:10.1088/1757-899X/889/1/012005

Influence of the vacuum ion-plasma treatment duration on the nitride coatings stability during vacuum processing of titanium alloys

Stepushin A.S., Shalin A.V., Gvozdeva O.N., Islamov R.S.
MAI, Moscow, Russia

One of the main trends in the improvement of materials for booking is the creation of materials with gradient structures using various technologies. Due to the successful combination of physical and mechanical properties, two-phase titanium alloys are promising materials for the creation of light armor materials on their basis. And the use of thermal hydrogen treatment based on reversible alloying with hydrogen is a technology for creating linearly varying gradient structures. However, when creating the specified structure, it is necessary to provide a directed "inlet" of hydrogen only from one side of the semi-finished product. For this, the rest of the parties require "protection" from the penetration of hydrogen.

One of the barrier coatings is an oxide coating formed during high-temperature oxidation in an air atmosphere. However, when heated in a vacuum, it partially dissolves and the alloy is saturated with hydrogen from the "protected" sides. In addition, such a coating is characterized by the presence of an extended alpha layer (up to 250 μm), which requires subsequent removal [3]. An alternative barrier coating is a nitride coating, which practically does not form a diffusion transition zone and has a strong adhesion to the surface of the semi-finished product.

Therefore, the aim of the research was to study the effect of the nitride deposition duration on the quality of the formed coatings and their durability during subsequent vacuum annealing.

To form nitride coatings on the surface of the VT6 alloy samples, they were subjected to vacuum ion-plasma exposure for 5 to 60 minutes at a temperature of 400C. The analysis of the obtained results showed that, regardless of the treatment duration, a continuous golden-yellow coating is formed on the surface of the samples. The thickness of the nitride coatings increases with the duration of deposition from 0.7 to 4.2 microns. However, in the coating formed by deposition for 5 minutes, small pores are found, which, apparently, is due to its insufficient thickness. No continuity defects were found in the rest of the nitride coatings.

The assessment of the formed nitride coatings resistance was carried out in a vacuum at a temperature of 800C for 1 hour. It was found that vacuum annealing does not affect the thickness and color of coatings formed during various deposition durations. At the same time, an increase in the size of existing pores and the formation of new ones are observed in the coating deposed within 5 minutes. Coatings deposed for 45 and 60 minutes contains small cracks, which formation is associated with a high level of residual thermal stresses preserved after deposition. These factors can reduce the protective properties of nitride coatings during subsequent hydrogenation annealing.

Thus, the studies carried out have shown that optimal titanium nitride deposition durations to form a barrier nitride coating with high insulating properties against hydrogen penetration are 20 and 30 minutes.

1. Ilyin A A, Skvortsova S V, Spector V S, Kudelina I M and Mamontova N A Creation of a gradient structure in a titanium alloy by thermal hydrogen treatment // 2011 Light alloy technology 2 pp 37-41

2.Gvozdeva O.N., Shalin A.V., Stepushin A.S. Oxide films resistance to hydrogen penetration in VT6 titanium alloy // IOP Conference Series Materials Science and Engineering, Volume 889, Issue 1, pp. 1-7, article № 012005, 2020, doi:10.1088/1757-899X/889/1/012005

Влияние конфигурации инструмента на стабильность процесса и пластическое течение материала при фрикционной перемешивающей обработки алюминиевых сплавов

Сударикова А.В.

ТПУ, г. Томск, Россия

В настоящее время интенсивно развиваются методы модификации структуры металлов и сплавов, основанные на интенсивной пластической деформации. Фрикционная перемешивающая обработка алюминиевых сплавов позволяет формировать композиционные материалы с металлической матрицей, упрочнять структуру поверхностных слоёв и устранять дефекты проката, литья или аддитивного производства. Обработка может проводится инструментом с винтовой формой пина, беспиновым инструментом, с поперечным сечением пина в виде квадрата, восьмиугольника, треугольника, коническим гладким пином и др. Также, в зависимости от поставленной цели, возможны различные модификации формы и размера плеч инструмента. В основном изменение формы инструмента необходимо с точки зрения управления тепловложением в материал при обработке и изменения степени деформации и фрагментации в зоне перемешивания. При получении композиционных материалов с металлической матрицей использование инструментов с различной формой пина может дополнительно увеличить однородность распределения упрочняющих частиц посредством изменения геометрии течения материала в зоне перемешивания. Но, в современной литературе имеется лишь небольшое количество работ, посвященных процессам деформации, фрагментации и пластического течения в алюминиевых сплавах, подвергнутых фрикционной перемешивающей обработке инструментами с различной конфигурацией. Исходя из этого, целью настоящей работы является изучение влияния конфигурации пина инструмента на формирование структуры зоны перемешивания при фрикционной перемешивающей обработке сплавов АК12 и АМг6 инструментом с винтовым пином и с пином квадратного сечения. Проведенные исследования показывают, что при обработке сплава АК12 или сплава АМг6 инструментом с пином квадратного сечения структура и механические свойства материала находятся на уровне материала, обработанного инструментом с пином винтовой формы. При этом, в условиях отклонения параметров режимов обработки инструментом с квадратным пином от оптимальных значений происходит формирование нестабильностей движения инструмента с отклонением оси вращения от стабильного положения. В результате возможно образование дефектов различного структурно-масштабного уровня. Но, при несущественных отклонениях параметров режимов, такие нестабильности процесса обработки не несут негативного влияния на механические свойства. Отличительные особенности в виде формы зоны перемешивания не изменяют общего характера течения материала по контуру инструмента, с образованием концентрических потоков, четко выделяющихся в поперечном сечении. Обработка сплава

АМг6 не приводит к разупрочнению материала, что важно для дальнейших работ по получению композиционных материалов. Пластичность сплава АМг6 в зоне обработки снижается, причем более интенсивно снижение пластичности при обработке инструментом с пином квадратного сечения. Обработка сплава АК12 приводит к упрочнению материала на величину до 10-15% с повышением пластичности до 20-22% как при обработке инструментом с винтовым пином, так и с пином квадратного сечения.

Influence of tool configuration on process stability and plastic flow of material during friction stirring processing of aluminum alloys

Sudarikov A.V.
TPU, Tomsk, Russia

At present, methods for modifying the structure of metals and alloys based on severe plastic deformation are being intensively developed. Friction mixing processing of aluminum alloys allows the formation of composite materials with a metal matrix, strengthening the structure of surface layers and eliminating defects in rolling, casting or additive manufacturing. Processing can be carried out with a tool with a screw-shaped pin, a non-pin tool, with a cross-section of a pin in the form of a square, octagon, triangle, conical smooth pin, etc. Also, depending on the goal, various modifications of the shape and size of the tool arms are possible. Basically, changing the shape of the tool is necessary from the point of view of controlling the heat input into the material during processing and changing the degree of deformation and fragmentation in the mixing zone. When producing composite materials with a metal matrix, the use of tools with different pin shapes can further increase the uniformity of the distribution of strengthening particles by changing the geometry of the material flow in the mixing zone. But, in the modern literature there are only a small number of works devoted to the processes of deformation, fragmentation and plastic flow in aluminum alloys subjected to friction mixing with tools with different configurations. Based on this, the purpose of this work is to study the influence of the configuration of the pin of the tool on the formation of the structure of the mixing zone during frictional mixing processing of AK12 and AMg6 alloys with a tool with a screw pin and a pin with a square section. The studies carried out show that when machining AK12 alloy or AMg6 alloy with a tool with a square pin, the structure and mechanical properties of the material are at the level of the material processed by a tool with a screw-shaped pin. At the same time, in the conditions of deviation of the parameters of the machining modes with a tool with a square pin from the optimal values, the formation of instabilities of the tool movement occurs with a deviation of the axis of rotation from the stable position. As a result, the formation of defects of various structural-scale levels is possible. But, with insignificant deviations of the parameters of the modes, such instabilities of the processing process do not have a negative effect on the mechanical properties. Distinctive features in the form of the shape of the mixing zone do not change the general nature of the material flow along the tool contour, with the formation of concentric flows clearly distinguished in the cross section. The processing of the AMg6 alloy does not lead to material softening, which is important for further work on the production of composite materials. Plasticity of AMg6 V alloy the area of processing decreases, and the decrease in plasticity is more intensive when machining with a tool with a square pin. The processing of the AK12 alloy leads to the hardening of the material by up to 10-15% with an increase in ductility up to 20-22%, both when machining with a tool with a screw pin and with a square pin.

Анализ зависимости плотности углеволокнита от его компонентного состава

Шаталин А.А., Гончарова Н.Н., Будник Д.А., Тарасов К.А., Находнова А.В.
АО «НИИграфит», г. Москва, Россия

Большую перспективу в наше время имеют полимерные композиционные материалы, позволяющие достигать необходимых характеристик под конкретные условия эксплуатации. Одним из примеров таких материалов может служить углеволокнит типа ЭПАН, представляющий собой волокнистую массу, основными составляющими которой являются измельченное углеродное волокно, фенолформальдегидная смола (ФФС) и минеральные добавки [1]. Углеволокнит типа ЭПАН стоек к воздействиям кислот и имеет высокие

антифрикционные характеристики. В сочетании с достаточной механической прочностью перечисленные свойства материала позволяют применять его в изготовлении лопаток, уплотнительных колец компрессоров, подшипников скольжения и других элементов, эксплуатируемых в условиях запыленности, вибрации и ограниченной смазки.

Цель работы – определить оптимальный компонентный состав для получения необходимых значений плотности углеволокнита.

В работе исследовалась зависимость значения плотности образцов из углеволокнита от его компонентного состава. Образцы изготавливались в виде брусков длиной (120±2) мм, сечением (15±0,5) х (10±0,5) мм методом компрессионного прессования в обогреваемой одногнездной пресс-форме при следующих условиях прессования: температура (145±5) °С, удельное давление прессования (44,1±4,9) МПа, время выдержки (13±2) мин, усилие при прессовании приложено перпендикулярно широкой части образца. Компрессионное прессование осуществлялось на гидравлическом прессе для пластмасс усилием 630кН, модель ДЕ 2428.

Для проведения исследования было отпрессовано 28 партий образцов различного компонентного состава, по 3 образцов в каждой партии. Масса углеродного волокна варьировалась от 350 до 700 г., масса ФФС – от 250 до 600 г., масса минеральных добавок – от 50 до 150 г. Определение плотности отпрессованных образцов осуществлялось методом гидростатического взвешивания [2].

В результате проведенной работы была получена зависимость значений плотности образцов из углеволокнита от компонентного состава. При анализе полученной зависимости выявлен наилучший компонентный состав углеволокнита, среднее значение плотности которого равно 1,365 г/см3.

Литература:

1. ГОСТ 27939-88. Материал композиционный. Углеволокнит марки ЭПАН. Технические условия.

2. ГОСТ 15139-69. Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы).

Analysis of the dependence of the density of carbon fiber composite material on its component composition

Shatalin A.A., Goncharova N.N., Budnik D.A., Tarasov K.A., Nakhodnova A.V.
SC "NIIgrafit", Moscow, Russia

Polymer composite materials, which allow achieving the necessary characteristics for specific operating conditions, have a great prospect in our time. One example of such materials is EPAN carbon fiber composite material, which is a fibrous mass, the main components of which are crushed carbon fiber, phenol-formaldehyde resin (FFS) and mineral additives [1]. EPAN type carbon fiber composite material is resistant to the effects of acids and has high antifriction characteristics. In combination with sufficient mechanical strength, the listed properties of the material allow it to be used in the manufacture of blades, compressor O-rings, sliding bearings and other elements operated in conditions of dust, vibration and limited lubrication.

The purpose of the work is to determine the optimal component composition to obtain the necessary values of carbon fiber composite material density.

The paper investigated the dependence of the density of carbon fiber composite material samples on its component composition. The samples were made in the form of bars with a length (120± 2) mm, a cross section (15± 0.5) x (10± 0.5) mm by compression pressing in a heated single-socket mold under the following pressing conditions: temperature (145 ± 5)°C, specific pressing pressure (44.1 ± 4.9) MPa, holding time (13 ± 2) min, pressing force applied perpendicular to the wide part of the sample. Compression pressing was carried out on a hydraulic press for plastics with a force of 630kN, model DE 2428.

To conduct the study, 28 batches of samples of various component compositions were pressed, 3 samples in each batch. The mass of carbon fiber varied from 350 to 700 g, the mass of FFS – from 250 to 600 g, the mass of mineral additives – from 50 to 150 g. The density of pressed samples was determined by hydrostatic weighing [2].

As a result of the work carried out, the dependence of the density values of carbon fiber composite material samples on the component composition was obtained. The analysis of the obtained dependence revealed the best component composition of carbon fiber composite material, the average density of which is 1.365 g/cm3.

References:

1. GOST 27939-88. The material is composite. Carbon fiber composite material of the EPAN brand. Technical conditions.

2. GOST 15139-69. Plastics. Methods for determining density (bulk mass).

Комплексное модифицирование структуры силумина эвтектического состава

Шляпцева А.Д., Моисеев В.С.

МАИ, г. Москва, Россия

Получение силуминов с высокими механическими и технологическими свойствами является актуальной задачей. В процессе получения качественных отливок из данных сплавов особое место занимает модифицирование их структуры [1]. В зависимости от воздействия на кристаллизующийся сплав, модификаторы можно разделить на модификаторы эвтектического кремния, α-твердого раствора алюминия и первичного кремния. В представленной работе рассматривается влияние комплексного воздействия модификаторов различного типа на структуру и свойства сплава АК12.

В качестве модификаторов α-твердого раствора алюминия выбран Ti, вводимый в расплав в виде лигатуры Al-Ti, гексафтортитаната калия K2TiF6, диоксида титана TiO2. В качестве модификаторов эвтектики выбраны Ba и K, вводимые в виде фтористых солей.

Установлено, что титан способствует измельчению макрозерна сплава АК12 и повышению его механических свойств. Определено, что комплексные модифицирующие добавки, в состав которых одновременно входят три модифицирующих элемента – K, Ba, Ti, по силе воздействия на механические свойства, макро- и микроструктуру сплава АК12 превосходят модифицирующее воздействие на сплав этих добавок по отдельности и их парные комбинации. Все исследуемые сплавы, обработанные трехкомпонентными смесями, имеют высокие механические свойства. Максимальные механические свойства наблюдается у сплава, обработанного тройным составом на основе диоксида титана: предел прочности 193,0 МПа; относительное удлинение 12,69%. Комплексное модифицирующее воздействие на макро- и микроструктуру сплава АК12 и его механические свойства заключается в одновременном диспергировании и облагораживании частиц кремния в эвтектике с помощью бария и калия и измельчении дендритов α -твердого раствора алюминия за счет образования дополнительных центров кристаллизации TiAl3.

Таким образом, применение модификаторов, оказывающих модифицирующее воздействие на различные структурные составляющие сплава, оказывается эффективнее, чем использование модификатора одного типа.

1. Shlyaptseva, A.D., Petrov, I.A., Ryakhovskii, A.P. Prospects of using titanium dioxide as a component of modifying composition for aluminum casting alloys. Materials Science Forum, 2019, 946 MSF, p. 636–643.

2. I.A. Petrov, Shlyaptseva, A.D., V.M. Kvashnin. Solidification of Rubidium-Modified Cast Aluminum Alloys Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2021, No. 3, pp. 272-277.

Complex modification of the structure of eutectic silumin

Shlyaptseva A.D., Moiseev V.S.

MAI, Moscow, Russia

Obtaining silumins with high mechanical and technological properties is an urgent task. In the process of obtaining high-quality castings from these alloys, modification of their structure occupies a special place [1]. Depending on the effect on the crystallizing alloy, modifiers can be divided into modifiers of eutectic silicon, α-solid solution of aluminum and primary silicon. In the presented work, the influence of the complex effect of modifiers of various types on the structure and properties of the AK12 alloy is considered.

Ti, introduced into the melt in the form of Al-Ti ligature, potassium hexafluorotitanate K2TiF6, titanium dioxide TiO2, was chosen as modifiers of the α-solid solution of aluminum. Ba and K, introduced in the form of fluoride salts, were chosen as modifiers of the eutectic.

It was found that titanium facilitates the refinement of macrograins of the AK12 alloy and an increase in its mechanical properties. It has been determined that complex modifying additives, which simultaneously include three modifying elements – K, Ba, Ti, in terms of their effect on the mechanical properties, macro- and microstructure of the AK12 alloy, surpass the modifying effect on the alloy of these additives separately and their paired combinations. All investigated alloys treated with three-component mixtures have high mechanical properties. The maximum mechanical properties are observed in an alloy treated with a ternary composition based on titanium dioxide: tensile strength 193.0 MPa; elongation 12.69%. The complex modifying effect on the macro- and microstructure of the AK12 alloy and its mechanical properties consists in the simultaneous dispersion and refinement of silicon particles in the eutectic using barium and potassium and grinding the dendrites of the α-solid aluminum solution due to the formation of additional crystallization centers of TiAl3.

Thus, the use of modifiers that have a modifying effect on various structural components of the alloy is more effective than the use of a modifier of the same type.

1. Shlyaptseva, A.D., Petrov, I.A., Ryakhovskii, A.P. Prospects of using titanium dioxide as a component of modifying composition for aluminum casting alloys. Materials Science Forum, 2019, 946 MSF, p. 636–643.

2. I.A. Petrov, Shlyaptseva, A.D., V.M. Kvashnin. Solidification of Rubidium-Modified Cast Aluminum Alloys Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2021, No. 3, pp. 272-277.

Вязкость разрушения керамик с двойной композиционной структурой

[1]Шмаков В.В., [1]Буяков А.С., [2]Сухова М.Р., [1]Буякова С.П.

[1]ИФПМ СО РАН, [2]ТПУ, г. Томск, Россия

Керамики и композиты на основе боридов, карбидов и нитридов переходных металлов IV и V групп являются весьма перспективными функциональными материалами, характеризуемые высокой температурой плавления, прочностью и износостойкостью. В то же время широкое их применение в качестве теплозащитных элементов, или в качестве пар трения в тормозных, ограниченно низкой стойкостью к ударным и динамическим нагрузкам, проявляемую в формировании трещин и катастрофической потере прочности.

Тем не менее ударная вязкость – это структурно-зависимая характеристика. В последние годы активно развиваются направления структурного дизайна композиционных материалов, направленного на прирост функциональных характеристик материалов известных компонентных и фазовых составах. Одним из таких подходов является формирование двойной композиционной структуры, типа «композит в композите». Целью настоящей работы является исследование влияния структурного фактора на ударную вязкость композита на основе боридов циркония и тантала.

В работе исследованы композиционные керамические материалы системы ZrB2-SiC-TaB2, где матрица была представлена ZrB2-SiC в соотношении 80-20 об. %, а включения SiC и TaB2, соотношение которых составляло 80 и 20 об. % соответственно. Объемная доля включений в композите составляла 40 %. Керамические образцы получены методом горячего прессования. Вязкость разрушения оценена согласно стандарту ASTM 1421.

В результате проведения исследований обнаружено, что трещиностойкость композита, обладающего структурой, типа «композит в композите», более чем на 20% выше, чем у образца, обладающего идентичным фазовым составом, но гомогенным распределением компонентов в объеме: 9,08±0,18 МПа•м1/2 и 7,19±0,16 МПа•м1/2 соответственно.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0009.

Fracture toughness of ceramics with a dual composite structure

[1]Shmakov V.V., [1]Buyakov A.S., [2]Sukhova M.R., [1]Buyakova S.P.
[1]ISPMS SB RAS, [2]TPU, Tomsk, Russia

Ceramics and composites based on borides, carbides, and nitrides of Group IV and V transition metals are very promising functional materials characterized by a high melting point, strength, and wear resistance. At the same time, they are not widely used as heat-protection elements, due to their low resistance to impact and dynamic stress, which make itself felt in the crack forming and catastrophic loss of strength.

However, impact toughness is a structure-dependent characteristic. Nowadays, the directions of composite materials structural design are actively developing, aimed at the functional characteristics increasing of materials with known component and phase compositions. One of these approaches is the formation of a dual composite structure, such as "composite-in-composite". The goal is to study the influence of the structural factor on the composite based on zirconium and tantalum borides fracture toughness.

The paper investigates composite ceramic materials of the ZrB2-SiC-TaB2 system, where the matrix was represented by ZrB2-SiC in a ratio of 80-20 vol. %, and inclusions of SiC and TaB2, the ratio of which was 80 and 20 vol. %, accordingly. The volume fraction of inclusions in the composite was 40%. Ceramic samples were obtained by hot pressing. Fracture toughness evaluated according to ASTM 1421.

As a result of the studies, it was found that the crack resistance of a composite with a "composite-in-composite" structure is 20% higher, than a sample with an identical phase composition and a homogeneous distribution of components in the volume: 9.08 ± 0.18 MPa•m1/2 and 7.19 ± 0.16 MPa•m1/2, respectively.

The work was performed according to the Government research assignment for ISPMS SB RAS, project FWRW-2021-0009.

Фторуглеродные антиадгезионные покрытия для пролонгированной защиты полимерных материалов от воздействия микроорганизмов в авиации и космонавтике

Щур П.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В авиации и космонавтике вследствие воздействия значительных доз радиации по сравнению с поверхностью Земли микроорганизмы при длительном пребывании на поверхностях различных материалов начинают мутировать и их разрушающая способность увеличивается. Поэтому стандартные методы борьбы с образованием биологических покрытий и с дальнейшим разрушением материала, на котором покрытия образовались, не подходят.

К стандартным методам можно отнести: периодическая протирка поверхностей биоцидным материалом, ультрафиолетовая и ультразвуковая обработка, создание антимикробных покрытий, которые способны убивать микроорганизмы посредствам игольчатого упорядоченного рельефа или содержания низкомолекулярных биоцидных веществ в своём объеме.

Нашим коллективом были разработаны принципиально новые покрытия нанометровой толщины, которые не уничтожают мутировавшие микроорганизмы, а лишают их возможности адгезироваться к поверхности. Адгезия микроорганизмов к поверхности полимерного материала – это основная стадия зарождения биоплёнок и последующей биодеструкции, которая может привести к растрескиванию, потускнению полимерных материалов, тяжело излечимым хроническим заболеваниям (особенно при нахождении экипажа в замкнутом пространстве в космосе), а также выходу из строя полимерного материала или оборудование на его основе в целом. Лишая микроорганизмы возможности адгезироваться к поверхностям полимерных материалов возможно увеличиваться их стойкость к биодеструкции и увеличить сроки службы, а также уменьшить экономические затраты.

Новизной рассматриваемого метода борьбы с биодеструкцией является совмещение нескольких антиадгезионных факторов (факторов, которые не дают микроорганизмам «зацепиться» на поверхности). К этим факторам относятся пикообразный рельеф (расстояние между ближайшими пиками меньше диаметра микроорганизма, что не даёт ему зацепиться на поверхности), поверхностный заряд (если микроорганизм имеет заряд, то он будет отталкиваться от одноимённого заряда на поверхности), а также химический состав (создаётся не питательной для микрообъекта среда).

Фторуглеродные антиадгезионные по отношению к микроорганизмам покрытия были сформированы методами ионно-плазменной технологии при пониженном давлении с помощью ионизации газовой смеси из тетрафторметана и циклогексана. Данные покрытия толщиной менее 200 нм проявляю специфические свойства в области «переходных» процессов – область при которой происходит одновременное травление и нанесения покрытия при практически равном содержании двух компонентов в газовой смеси.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90092.

Литература:

1. Organics Electronics Materials, Processing, Device and Applications. Franky So 2010, Taylor &Francis Group, NW, p.296.

2. Елинсон В. М., Лямин А.Н., Щур П.А., Хазиев Б.С. Наноструктурирование поверхности полимеров ионно-плазменными технологиями для повышения их антибактериальных свойств //Наноматериалы и наноструктуры-XXI век. – 2014. – №. 4. – С. 23-28.

3. Elinson V. M., Shchur P. A., Lyamin A. N. Nanostructuring of the Polyethyleneterephthalate Surface Using Ion-Plasma Technology with the Help of Fluorine-Containing Gas Mixtures //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. – 2020. – Т. 24. – №. 3. – P. 173–182.

Fluorocarbon antiadhesive coatings for prolonged protection of polymeric materials against microorganisms in aviation and space exploration

Shchur P.A.

MAI, Moscow, Russia

In aviation and astronautics, due to the effect of significant doses of radiation compared to the surface of the Earth, microorganisms, when they stay on the surfaces of various materials for a long time, begin to mutate and their destructive capacity increases. Therefore, standard methods of dealing with the formation of biological coatings and with the further destruction of the material on which the coatings were formed are not suitable.

The standard methods include: periodic wiping of surfaces with a biocidal material, ultraviolet and ultrasonic treatment, the creation of antimicrobial coatings that are capable of killing microorganisms by means of a needle-like ordered relief or the content of low molecular weight biocidal substances in their volume.

Our team has developed fundamentally new coatings of nanometer thickness, which do not destroy mutated microorganisms, but deprive them of the ability to adhere to the surface. The adhesion of microorganisms to the surface of a polymeric material is the main stage of the nucleation of biofilms and subsequent biodegradation, which can lead to cracking, tarnishing of polymeric materials, difficult to treat chronic diseases (especially when the crew is in a confined space in space), as well as failure of the polymeric material, or equipment based on it as a whole. By depriving microorganisms of the ability to adhere to the surfaces of polymeric materials, it is possible to increase their resistance to biodegradation and increase the service life, as well as reduce economic costs.

The novelty of the considered method of combating biodegradation is the combination of several antiadhesive factors (factors that prevent microorganisms from "catching" on the surface). These factors include a peak-like relief (the distance between the nearest peaks is less than the diameter of the microorganism, which prevents it from getting caught on the surface), surface charge (if the

microorganism has a charge, then it will repel from the same charge on the surface), as well as the chemical composition (not nutrient medium for the micro-object).

Fluorocarbon anti-adhesive coatings with respect to microorganisms were formed by the methods of ion-plasma technology at reduced pressure using the ionization of a gas mixture of tetrafluoromethane and cyclohexane. These coatings with a thickness of less than 200 nm exhibit specific properties in the area of "transient" processes - the area in which simultaneous etching and coating occurs with an almost equal content of two components in the gas mixture.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of scientific project No. 20-32-90092.

References:

1. Organics Electronics Materials, Processing, Device and Applications. Franky So 2010, Taylor & Francis Group, NW, p. 296.

2. Elinson V.M., Lyamin A.N., Shchur P.A., Khaziev B.S. Nanostructuring of the surface of polymers by ion-plasma technologies to increase their antibacterial properties // Nanomaterials and nanostructures-XXI century. - 2014. - No. 4. - S. 23-28.

3. Elinson V. M., Shchur P. A., Lyamin A. N. Nanostructuring of the Polyethyleneterephthalate Surface Using Ion-Plasma Technology with the Help of Fluorine-Containing Gas Mixtures // High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. - 2020. - T. 24. - No. 3. - P. 173-182.

9. Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса

9. Economics and management at enterprises of aerospace complexes

Управление талантами на предприятиях Госкорпорации «Роскосмос»

Акимов А.А.
РКК «Энергия», г. Королев, Россия

В современном мире разнообразие человеческих ресурсов в организации становится одним из важнейших факторов её развития. Талантливые сотрудники создают дополнительную стоимость и конкурентное преимущество, у талантов выше производительность и они создают продукты, которых ещё не было на рынке. Понятие таланта в бизнес-среде определяется как набор определенных навыков и знаний, которыми обладает отдельный сотрудник, а также их комплексное применение для решения рабочих задач. Управление талантами – это совокупность инструментов управления персоналом, которые дают возможность привлекать, эффективно использовать и воспроизводить именно те качества сотрудников, которые и приносят существенный вклад в развитие организации.

Согласно опросу McKinse, 60 процентов руководителей по всему миру ожидают, что до половины рабочей силы их организаций потребуется переподготовка или замена в течение ближайших пяти лет. Они признают, что силы, формирующие будущие потребности в талантах, такие как глобализация и старение рабочей силы, продолжают ускоряться и что «развитие лидеров и планирование преемственности» является главной заботой и приоритетом в построении новой парадигмы управления талантами.

Дефицит молодых высококвалифицированных специалистов остро ощущается в отраслях, где инновации в продуктах имеют решающее значение, то есть в наукоемких областях, таких как машиностроение. К молодым специалистам относят сотрудников в возрасте от 18 до 35 лет и, согласно теории поколений, данную категорию людей можно отнести к поколению Y. Поколение Y – одно из преимуществ современных организаций: именно таланты поколения Y представляют большую ценность в достижении эффективности работы компаний. Важно понимать особенности молодых талантов, организовывать процесс управления исходя из их особенностей, в том числе и разрабатывая меры по привлечению и удержанию молодых специалистов.

Литература:

1. Акимов А.А., Тихонов А.И. Цифровая трансформация: основные тенденции и влияние на систему управления персоналом предприятия // Вестник Академии знаний. 2020. № 3 (38). С. 36-43. 2. Акимов А.А., Тихонов А.И. Применение матрицы компромиссов в управлении персоналом на предприятиях авиационной промышленности // Московский экономический журнал. 2020. № 5. С. 77. 3. Акимов А.А., Тихонов А.И. Применение системы грейдирования как современного инструмента управления заработной платой на предприятиях авиационной промышленности // Московский экономический журнал. 2020. № 3. С. 39.

Talent management at the enterprises of the State Corporation "Roscosmos"

Akimov A.A.
RSC Energia, Korolev, Russia

In the modern world, the diversity of human resources in an organization is becoming one of the most important factors in its development. Talented employees create additional value and competitive advantage, talents have higher productivity and they create products that have not yet been on the market. The concept of talent in the business environment is defined as a set of certain skills and knowledge that an individual employee possesses, as well as their complex application to solve work tasks. Talent management is a set of personnel management tools that make it possible to

attract, effectively use and reproduce exactly those qualities of employees that make a significant contribution to the development of the organization.

According to a McKinse survey, 60 percent of executives worldwide expect that up to half of their organizations' workforce will need retraining or replacement within the next five years. They recognize that the forces shaping future talent needs, such as globalization and an aging workforce, continue to accelerate and that "leadership development and succession planning" is a top concern and priority in building a new talent management paradigm.

The shortage of young highly qualified specialists is acutely felt in industries where product innovation is crucial, that is, in knowledge-intensive areas such as mechanical engineering. Young professionals include employees aged 18 to 35 years and, according to the theory of generations, this category of people can be attributed to generation Y. Generation Y is one of the advantages of modern organizations: it is the talents of generation Y that are of great value in achieving the efficiency of companies. It is important to understand the characteristics of young talents, to organize the management process based on their characteristics, including developing measures to attract and retain young professionals.

Literature: 1. Akimov A.A., Tikhonov A.I. Digital transformation: the main trends and impact on the personnel management system of the enterprise // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2020. No. 3 (38). pp. 36-43. 2. Akimov A.A., Tikhonov A.I. Application of the compromise matrix in personnel management at aviation industry enterprises // Moscow Economic Journal. 2020. No. 5. p. 77. 3. Akimov A.A., Tikhonov A.I. Application of grading system as a modern tool for wage management at aviation industry enterprises // Moscow Economic Journal. 2020. No. 3. p. 39.

Исследование вопросов анализа экономической безопасности

Алексеева Е.И., Бурдина А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Экономическую безопасность авиационного предприятия предлагается рассматривать в разрезе рисков цифровой, технологической, интеллектуальной трансформации. Под ней рекомендуется понимать вероятность удержания комплексной эффективности работы авиационных предприятий в определённом рисковом интервале. Проведённый анализ показал, что концептуальная теория жизненных циклов является эффективным механизмом для анализа развития предприятий, их организационных структур на разных этапах с учётом технических, технологических тенденций. Гипотеза исследования состоит в научном предположении о том, что в современных условиях динамичность внешней среды, с одной стороны, сокращает жизненный цикл предприятия, а с другой – формирует возможности для его цифровой, технологической, интеллектуальной трансформации и стратегического развития в долгосрочной перспективе.

Для анализа угроз необходимо использовать риск-ориентированный подход и проанализировать предпочтения клиентов можно посредством создания опросов. В аэропортах мира практикуется опрос клиентов с помощью реализуемой ACI глобальной программой ASQ (Airport Service Quality), являющейся единственной программой, которая предлагает аэропортам объективную оценку и сравнительный анализ, помогающий наращивать эффективность. Далее по собранной информации может применяться экспертно-балльная оценка с расчётом индекса удовлетворенности клиентов – CSI (Customer satisfaction index).

С целью обнаружения негативных мест в организации может использоваться эконометрический анализ, позволяющий оценить масштабность каждой проблемы. Затем определить какой именно фактор в большей степени влияет на удовлетворенность потребителей. Также можно использовать прогнозное значение, которое определит какой фактор в будущем в большей степени может негативно сказаться на мнении клиента. В зарубежном опыте для упреждения негативных событий может использоваться Методология шести сигм. Это механизм, предполагающий использование концепции: определить, измерить, проанализировать, улучшить, контролировать. Данная концепция представляет собой комплекс ликвидации возможной будущей проблемы в бизнес-процессах организации.

Предлагается к исследованию экономической безопасности авиационного предприятия променять подход на основе цифровой и технологической трансформации жизненного цикла предприятия. В исследовании определены ключевые параметры экономической безопасности предприятия: Необходимо разработать инструментарий оценки управляющей составляющей в системе обеспечения экономической безопасности предприятия. А также методику оценки финансово-экономической безопасности предприятия как основы его стратегического развития, основанную на определении рискового интервала комплексной эффективности авиационного предприятия.

Research on the analysis of economic security

Alekseeva E.I., Burdina A.A.
MAI, Moscow, Russia

The economic security of an aviation enterprise is proposed to be considered in the context of the risks of digital, technological, and intellectual transformation. It is recommended to understand it as the likelihood of maintaining the integrated efficiency of aviation enterprises in a certain risk interval. The analysis showed that the conceptual theory of life cycles is an effective mechanism for analyzing the development of enterprises, their organizational structures at different stages, taking into account technical and technological trends. The research hypothesis consists in the scientific assumption that in modern conditions the dynamism of the external environment, on the one hand, shortens the life cycle of an enterprise, and on the other, creates opportunities for its digital, technological, intellectual transformation and strategic development in the long term.

Threat analysis requires a risk-based approach, and you can analyze customer preferences by creating surveys. Airport Service Quality (ASQ) is the only program that provides airports with an objective assessment and benchmarking program to help them improve efficiency. Further, according to the collected information, an expert-point assessment can be applied with the calculation of the customer satisfaction index - CSI (Customer Satisfaction Index).

Econometric analysis can be used to identify negative spots in an organization to assess the magnitude of each problem. Then determine which factor is most influencing customer satisfaction. You can also use a predictive value, which will determine which factor in the future can most negatively affect the client's opinion. In foreign experience, the Six Sigma Methodology can be used to anticipate negative events. It is a mechanism that involves the use of a concept: define, measure, analyze, improve, control. This concept is a complex of elimination of a possible future problem in the business processes of the organization.

It is proposed to change the approach to the study of the economic security of an aviation enterprise based on the digital and technological transformation of the enterprise life cycle. The study identifies the key parameters of the economic security of an enterprise: It is necessary to develop a toolkit for assessing the control component in the system of ensuring the economic security of an enterprise. As well as a methodology for assessing the financial and economic security of an enterprise as the basis for its strategic development, based on determining the risk interval of the integrated effectiveness of an aviation enterprise.

Метод выявления скрытых конфликтов на предприятиях аэрокосмической отрасли

Алексеева П.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время перед руководством российских предприятий ставится задача – создание эффективных методов оценки управленческих решений. Разработка и осуществление этих решений важно для обеспечения конкурентоспособности предприятия на рынке. Выбор эффективно правильного управленческого решения – результат комплексного исполнения экономического, психологического, математического аспектов [3]. Организационная сущность управленческого решения состоит в том, что к этой работе привлекается персонал предприятия.

Существует множество классификаций методов психологического исследования. Наиболее распространенным является метод опроса сотрудников. Особенностью метода опросов

сотрудников является то, что источником информации является знание и личный опыт испытуемых сотрудников. Анализ результатов опросов должен обеспечить как минимум исключение необъективных данных. Традиционные подходы позволяют выявлять конфликты в уже проявленной активной фазе [1]. Это является существенным недостатком существующих подходов. Предлагается проводить детальный анализ взаимных оценок сотрудников, т.н. корреляционный анализ. Предлагаемый метод позволяет выявить максимумы и минимумы в оценках, имеющие исключительно субъективную или эмоциональную основу. Результатом сопоставления взаимных оценок будет выявление пар потенциально конфликтных, т.е. перерастающих в дальнейшем в открытое конфликтование. Применение правильно составленных вопросов, аналитическая обработка ответов респондентов при проведении опросных мероприятий может выявлять: недостоверные (заинтересованные) ответы, скрытые конфликты между сотрудниками, некомпетентность сотрудников и внутреннюю неудовлетворенность.

При скрытом конфликте работать ценным кадрам на предприятии весьма сложно, так как противодействующие стороны будут препятствовать нормальной и слаженной работе коллектива. При этом тратятся финансовые ресурсы предприятия на выявление конфликта среди персонала компании. У конфликтующих сотрудников отсутствует мотивация добиваться общих целей [2].

Необходимо определить инициаторов конфликта и применить современные методы урегулирования отношений, например, сглаживание и компромисс. В ситуации при взаимодействии сотрудника с коллегами применяется коллективный метод управления конфликтами – сглаживание. При использовании данного метода выявляются интересы противодействующих сторон и негативное влияние конфликта на работу коллектива. В случае, когда оба субъекта конфликта занимают средние позиции, тогда ситуация называется компромиссом. Путем переговоров достигается общее соглашение субъектов.

Так могут быть выявлены и своевременно устранены скрытые разногласия между сотрудниками на ранних стадиях, что безусловно важно не только для нормального функционирования отделений в компаниях, но и для налаживания коммуникаций среди сотрудников.

Литература:

1. Алексеева П. А., Краев В.М. Современные модели снижения конфликтности персонала предприятий аэрокосмического комплекса // Московский экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 28.

2. Краев В. М., Тихонов А.И. Риск-менеджмент в управлении кадрами // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2016. – № 8-2(21). – С. 22-25.

3. Краев В.М., Тихонов А.И. Управленческое консультирование на предприятиях аэрокосмической промышленности Учебно-методическое пособие / Ставрополь, ЛОГОС.2017.

The method for identifying hidden conflicts in the aerospace industry

Alekseeva P.A.

MAI, Moscow, Russia

The management of Russian enterprises is tasked with creating effective methods for evaluating management decisions. The development and implementation of these solutions is important to ensure the competitiveness of the enterprise in the market. The choice of an effectively correct management decision is the result of complex execution of economic, psychological, mathematical aspects [3]. The organizational essence of the management decision is that the personnel of the enterprise is involved in this work.

There are many classifications of psychological research methods. The most common is the employee survey method. The peculiarity of the employee survey method is that the source of information is knowledge and personal experience of the tested employees. The analysis of the survey results should ensure at least the exclusion of biased data. Traditional approaches make it possible to

identify conflicts in the already manifested active phase [1]. This is a significant disadvantage of existing approaches. It is proposed to conduct a detailed analysis of mutual evaluations of employees, the so-called correlation analysis. The proposed method makes it possible to identify the max and min estimates that have an exclusively subjective or emotional basis. The result of the comparison of mutual assessments will be the identification of potentially conflicting pairs, i.e., developing into open conflict in the future. The use of correctly formulated questions, analytical processing of respondents' answers during survey activities can reveal: unreliable (interested) answers, hidden conflicts between employees, incompetence of employees and internal dissatisfaction.

With a hidden conflict, it is very difficult for valuable personnel to work at the enterprise, since the opposing parties will hinder the normal and well-coordinated work of the team. The financial resources of the enterprise are spent on identifying a conflict among the company's personnel. Conflicting employees lack motivation to achieve common goals [2].

It is necessary to identify the initiators of the conflict and apply modern methods of resolving relations, for example, smoothing and compromise. In a situation when an employee interacts with colleagues, a collective method of conflict management is used - smoothing. When using this method, the interests of opposing parties and the negative impact of the conflict on the work of the team are revealed. In the case when both subjects of the conflict occupy middle positions, then the situation is called a compromise. Through negotiations, a general agreement of the subjects is reached.

In this way, hidden disagreements between employees can be identified and eliminated in a timely manner at an early stage, which is certainly important not only for the normal functioning of offices in companies, but also for establishing communications among employees.

References:

1. Alekseeva P. A., Kraev V.M. Modern models of reducing conflict among personnel of aerospace enterprises // Moscow Economic Journal. - 2021. - No. 1. - p. 28.

2. Kraev V. M., Tikhonov A.I. Risk management in personnel management // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. – 2016. – № 8-2(21). – Pp. 22-25.

3. Kraev V.M., Tikhonov A.I. Management consulting at aerospace industry enterprises Educational and methodical manual / Stavropol, LOGOS.2017.

Особенности продвижения услуг российских грузовых авиаперевозчиков в интернет-пространстве

Алехина О.А., Уколова Л.Е.

МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность темы исследования связана с анализом программ PR-продвижения российских грузовых авиаперевозчиков в интернет-пространстве в условиях возрастающей конкуренции на рынке и определенных ограничений, связанных с пандемией Covid-19.

В связи с развитием экономических связей потребность в услугах грузовых авиаперевозчиков возрастает. В то же время деятельность компаний-операторов в определенной степени усложняется.

Для того, чтобы привлечь внимание клиентов, завоевать их доверие, необходима долгосрочная программа PR-продвижения, учитывающая специфику отрасли и потребности целевых аудиторий.

Анализ научной литературы показал, что данная тема недостаточно изучена современными исследователями. К научным работам, касающимся изучаемого вопроса, можно отнести труды Е.В. Костроминой [1], а также Л.А. Лебедевой и А.Н. Шубина [2] и др.

Целью исследования является проведение анализа особенностей использования digital-инструментов связей с общественностью для продвижения грузовых авиаперевозчиков.

Авторы провели анализ PR-деятельности транспортных грузовых компаний «ЭйрБриджКарго», «Аэродар», «NOVELCO», «Major», «АвиаТрейд КАРГО».

В результате было установлено, что в период пандемии Covid-19 поставщики услуг грузовых авиаперевозок в комплексных программах PR-продвижения стали активнее использовать интернет-пространство, при этом особое внимание уделяется развитию сайта

организации и страниц в социальных сетях, ведению блогов, а также взаимодействию с рекомендательными сервисами.

По итогам исследования можно сделать вывод, что использование цифровых технологий PR-продвижения позволяет грузовым авиакомпаниям выстраивать двусторонние коммуникации с клиентами, оперативно реагировать на кризисные ситуации, в режиме реального времени отвечать на вопросы клиентов, а также формировать репутацию и позитивный имидж в интернет-пространстве.

Литература:

1. Костромина Е.В. Авиатранспортный маркетинг [Текст]. М.: Инфра-М, 2014. 540 с.

2. Лебедева Л.А., Шубин А.Н. Бренд грузовой авиакомпании как эффективный инструмент продвижения услуг на рынок // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации №167, 2011. С. 149-153.

Features of promotion of Russian air cargo carriers in the internet

Alekhina O.A., Ukolova L.E.

MAI, Moscow, Russia

The importance of the research issue is related to analysis of promotion program of Russian air cargo carriers in internet in conditions increasing market competition and certain restrictions caused by Covid-19.

Developing economic relations result in rising demand for air cargo services. Meanwhile, activities of operating companies become complicated to some extent.

Gaining clients' attention and confidence requires long-term promotion PR program including the industry peculiarities and needs of target users.

According to the analysis of academic literature the issue has not been studied enough by modern scientists. The research dedicated to the problem includes works by Kostromina E.V. [1], Lebedeva L.A., Shubin A.N. [2] etc.

The purpose of the research is analysis of specific use of digital PR tools dedicated to air cargo carriers promotion.

The authors have analyzed PR activities of "Air Bridge Cargo", "Aerodar", "NOVELCO", "Major" and "AviaTrade CARGO" companies.

Consequently it has been found that within Covid-19 period air cargo service providers have been using internet more extensively for complex promotion PR programs. Meanwhile, the major attention is paid to development and promoting of web sites and social networks, blogging and cooperation with sites with user recommendations.

Based on the research results we can conclude the digital promotion procedures help air cargo carriers establish bilateral communication with clients, quickly react to crisis, answer clients' questions online as well as build up reputation and positive image in internet.

References:

1. Kostromina E.V. "Air Transport Marketing" Aviatransporniy marketing. M.: Infra-M, 2014. 540 pp (translated from Russian).

2. Lebedeva L.A., Shubin A.N. "Air Freight Carrier Brand as an Efficient Tool of Service Promotion" Brend gruzovoi aviakompanii kak effektivniy instrument prodvizhenia uslug na rynok // Moscow State Technical University of Civil Aviation, Bulletin No. 167, 2011. p. 149-153.

Система показателей для объективной оценки развития исследовательского университета

Андреев С.А., Горелов Б.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Финансово-экономическая модель программы развития Университета реализована в виде системы показателей и их индикаторов, которые характеризуют направления развития Университета и динамику процессов развития в четырех аспектах: интеллектуальном; инновационном; информационном и инвестиционном (4-И).

Описываемая система показателей также обеспечивает реализацию финансовой политики в ходе выполнения стратегических проектов, целью которой является долгосрочная финансовая устойчивость субъекта (в нашем случае Университета), обеспечивающая заданный темп достижения сформулированных стратегических целей в выбранных Университетом направлениях развития.

Интеллектуальная компонента характеризует потенциал интеллектуальных ресурсов и объем создаваемых интеллектуальных продуктов и выражена следующими показателями:

- Динамика кадрового потенциала НПР.
- Новизна нематериальных активов.
- Удельная результативность интеллектуальной деятельности НПР.
- Активность ППС в исследовательской работе.

Инновационная компонента предполагает финансово-экономическую оценку возможности выполнения инновационных проектов и представлена следующей совокупностью показателей:

- Степень соответствия деятельности Университета научно-технологическому лидерству.
- Инновационная активность Университета,
- Целевое изменение научно-технической инфраструктуры Университета.
- Фондовооруженность в части высокотехнологичного оборудования.
- Эффективность использования инновационного потенциала МТБ при выполнении НИОКР.

Информационная компонента отражает степень цифровой зрелости Университета, в частности, – реализацию управления на основе данных. С точки зрения финансовой устойчивости или экономической безопасности основными условиями реализации в настоящее время такого управления являются:

- Импорт замещение в цифровых технологиях.
- Глубина цифровизации в процессе управления Университетом.

Инвестиционная компонента показывает инвестиционную привлекательность Университета по следующим финансово-экономическим показателям:

- Темп роста стоимости основных средств научного оборудования.
- Соотношение роста доходов и роста затрат.
- Эффективность реализации финансовой политики Университета.

Выработанная финансово-экономическая модель является открытой целостной системой взаимосвязанных сбалансированных показателей и их индикаторов, позволяющая проводить объективную оценку процесса развития Университета и достижения им стратегических целей.

The system of indicators for an objective assessment of the development in research university

Andreev S.A., Gorelov B.A.
MAI, Moscow, Russia

The financial and economic model of the University development program is implemented in the form of a system of indicators and their measures, which characterize the directions of the University development and the dynamics of development processes in 4 aspects: intellectual; innovative; information and investment (4-I).

The described system of indicators also ensures the implementation of financial policy in the course of the performing of strategic projects, the purpose of which is the long-term financial stability of the subject (in our case, the University), which ensures a given rate of achievement of the formulated strategic goals in the development directions chosen by the University.

The intellectual component characterizes the potential of intellectual resources and the volume of created intellectual products and is expressed by the following indicators:

- Dynamics of the personnel potential of the teaching staff.
- The novelty of intangible assets.
- The specific performance of the intellectual activity of the scientific research staff.
- The activity of teaching staff in research work.

The innovative component involves a financial and economic assessment of the possibility of implementing innovative projects and is represented by the following set of indicators:

• The degree of compliance of the University's activities with scientific and technological leadership.

• Innovative activity of the University.

• Targeted change in the scientific and technical infrastructure of the University.

• Capital-labor ratio in terms of high-tech equipment.

• The effectiveness of using the innovative potential of MTB in the implementation of R&D.

The information component reflects the degree of digital maturity of the University, in particular, the implementation of data-driven management. From the point of view of financial stability or economic security, the main conditions for the implementation of such management at the present time are:

• Import substitution in digital technologies.

• The depth of digitalization in the process of managing the University.

The investment component shows the investment attractiveness of the University in terms of the following financial and economic indicators:

• Growth rate of the cost of fixed assets of scientific equipment.

• The ratio of income growth and cost growth.

• The effectiveness of the implementation of the financial policy of the University.

The developed financial and economic model is an open holistic system of interconnected balanced indicators and their measures, which allows an objective assessment of the development process of the University and its achievement of strategic goals.

Англоязычная синонимия авиационных терминов, обозначающих комплектующие воздушных судов

Анурова О.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность данного исследования обусловлена потребностью в комплексном изучении особенностей работы с терминами-синонимами в авиационный терминологии и систематизации их использования. Объектом исследования послужила выборка англоязычных терминов, обозначающих комплектующие самолета Airbus320 и Boeing 737. В качестве материала использовались руководств по эксплуатации данных самолетов. Вопрос синонимов, с одной стороны, является довольно хорошо изученным вопросом: к нему обращались такие известные ученые лингвисты как В.В. Виноградов, В.М. Лейчик, С.Д. Шелов, С.В. Гринев-Гриневич, Э.А. Сорокина.

В соответствии с целью исследования был использован целый комплекс лингвистических методов, таких как: метод комплексного анализа научно-технической литературы авиационный отрасли, классификации проанализированного материала, метод сплошной выборки, а также метод лингвостилистического анализа.

В своих работах В.М. Лейчик говорит, что пределы варьирования термина обусловливаются «тремя факторами: системой понятий, зависящей от теории, терминосистемой, и текстом, в котором функционирует термин» [Лейчик, 2009, с. 189]. Так, для обозначения различных "датчиков", используются следующие термины "sensor", "detector", "gauge", "transmitter", "probe", "pick off" (Airbus), "pick up" Boeing. Когда речь идет о "приводах", встречаются термины "driver", "actuator" или "jack".

Вывод. Именно научно-технические тексты содержат новейшую информацию о научных и технических достижениях, а, следовательно, отражают реальность сегодняшнего дня. В связи с этим, исследования в области научно-технического перевода занимают важное место в современной теории перевода [Аникеева, Овсянникова, 2015, с. 205]. Также следует учитывать отличия терминологии в следствии следующих факторов:1. наличие, так называемого "американского" варианта, присущего документации крупнейшей авиастроительной корпорации Boeing. 2.То, что английский язык не является родным для

представителей многих мировых авиастроительных компаний, составляющих документацию на английском языке.

Литература:

1. Аникеева И. Г., Овсянникова М. Н. Подготовка специалистов авиационного профиля к иноязычной профессиональной коммуникативной деятельности. Вестник Самарского государственного университета. 2015. № 4 (126). С. 205—210.

2. Кронгауз М.А. Семантика: учебник. М.: Из-во РГГУ, 2001. 399 с.

3. Лейчик В.М. Терминоведение: Предмет, методы, структура. 5-е изд. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 264 с.

4. Longman. Словарь. [Электронный ресурс] https://www.ldoceonline.com/spellcheck/english/?q=SLIDING+TUBE (дата обращения: 25.09.2021)

5. Multitran. Словарь [Электронный ресурс] URL: http://www.multitran.ru (дата обращения: 18. 09.2021)

6. Airbus A-320/A-321 Flight Crew Operating Manual, 2020, 5692p.

7. Boeing 737-800 Flight Crew Operations Manual, Document Number D6-27370-800-ARO 2015, 1750p.

English-language synonymy of aviation terms denoting aircraft components

Anurova O.M.

MAI, Moscow, Russia

Thus, the study actuality is explained by the need for a comprehensive study of the translation features of synonymous terms in aviation terminology and systematization of their use. The object of the study was English-language terms denoting the Airbus320 and Boeing 737 aircraft components. The operation manuals of these aircraft were used as the material. The question of synonyms, on the one hand, is a well-studied question: it was addressed by such well-known linguists as V.Vinogradov, V. Leychik, S. Shelov, S. Grinev-Grinevich, E. Sorokina.

In accordance with the purpose of the study, a whole complex of linguistic methods was used, such as: the method of complex analysis of scientific and technical literature in the aviation industry, classification of the analyzed material, the continuous sampling method , as well as the linguistic stylistic analysis method.

In his works, V. Leychik says that the limits of the term variation are determined by "three factors: a concept system depending on the theory, a term system, and the text in which the term functions" [Leychik, 2009, p. 189]. So, to designate various "sensors", the following terms are used: "sensor", "detector", "gauge", "transmitter", "probe", "pick off" (Airbus), "pick up" (Boeing). When it comes to "drives", there are terms "driver", "actuator" or "jack".

Conclusion. It is the scientific and technical texts that contain the latest information about scientific and technical achievements, and, therefore, reflect the today reality. In this regard, research in the field of scientific and technical translation occupies an important place in the modern theory of translation [Anikeeva, Ovsyannikova, 2015, p. 205]. Differences in terminology should also be taken into account due to the following factors:1. the presence of the so-called "American" version inherent in the documentation of the largest aircraft corporation Boeing. 2. The fact that English is not the native language for representatives of many world aircraft manufacturing companies that compose the documentation in English.

Применение DSM в контексте управления качеством процессов в цепи поставок авиационных запасных частей

[1]Ахматова М.С., [1]Денискина А.Р., [2]Ахматова Д.С.

[1]МАИ, г. Москва, Россия;

[2]SJTU, г. Шанхай, Китай

Деятельность по послепродажному обслуживанию авиационной техники (АТ) объединяет разработчика, эксплуатантов, сервисных провайдеров и поставщиков (производителей

комплектующих изделий и систем), в единую систему стейкхолдеров, заинтересованных в сокращении времени простоя АТ в случае возникновения отказов.

Для возобновления нормальной эксплуатации воздушного судна и продолжения движения по маршруту в соответствии с расписанием, а также для снижения степени рисков возникновения значительных финансовых и репутационных потерь со стороны эксплуатанта, зачастую необходима замена определённого компонента или детали в кратчайшие сроки. Вследствие этого, неотъемлемая составляющая послепродажного обслуживания авиационной техники, материально-техническое обеспечение, основной задачей которого является бесперебойное снабжение парка воздушных судов требуемыми запасными частями, а также поддержка уровня качества процессов в самой цепи поставок авиационных запасных частей, заслуживают особого внимания.

В данной работе в качестве инструмента, ориентированного на улучшение степени качества процессов в цепи поставок комплектующих изделий, предлагается Design Structure Matrix (DSM, структурная матрица зависимостей).

1. Akhmatova M-S., Brotsman Y. The system design of the civil aircraft based on NASA systems engineering approach. // Aerospace Systems. – 2018, № 1. – pp. 39–48.

2. Заковряшин А. И., Агалецкий П. С. Элементы интегрированной логистической поддержки. // Труды МАИ. – 2011, № 49. – С. 1 – 10.

3. Чубик П.С., Марков Н.Г., Мирошниченко Е.А., Петровская Т.С. Системная инженерия и её внедрение в образовательные программы Томского политехнического университета // Известия ТПУ. — 2013. — №5. С. 176-181.

Application of DSM in the context of process quality management in the aviation spare parts supply chain

[1]Akhmatova M.S., [1]Deniskina A.R., [2]Akhmatova D-M.

[1]MAI, Moscow, Russia;

[2]SJTU, Shanghai, China

After-sales support of aviation equipment integrates the developer, operators (i.e., airlines), service providers, and suppliers (manufacturers of components and systems) into a single system of stakeholders interested in reducing the downtime in case of failures.

In order to ensure the normal operation of the aircraft and schedule compliance, as well as to reduce the risk of significant financial and reputational losses on the part of the operator, it is necessary to replace a certain component as soon as possible. As a result, an integral component of the aircraft after-sales service, supply support, the main task of which is the uninterrupted supply of the fleet with the required spare parts, as well as guaranteeing the quality level of processes in the supply chain of aviation spare parts, deserve special attention.

In this paper, the implementation of the Design Structure Matrix (DSM) is proposed for improving the quality of processes in the spares supply chain.

1. Akhmatova M-S., Brotsman Y. The system design of the civil aircraft based on NASA systems engineering approach. // Aerospace Systems. – 2018, № 1. – pp. 39–48.

2. Zakovryashin A. I., Agaletsky P. S. Elements of integrated logistics support. // Proceedings of MAI. - 2011, No. 49. - pp. 1-10.

3. Chubik P.S., Markov N.G., Miroshnichenko E.A., Petrovskaya T.S. System engineering and its implementation in educational programs of Tomsk Polytechnic University // Izvestiya TPU. - 2013. - No. 5. pp. 176-181.

Задачи развития работы со специалистами целевой подготовки оборонно-промышленного комплекса

Басова В.П.

МАИ, г. Москва, Россия

Анализируя происходящие изменения как на законодательном и нормативном уровне, так и в реальной практике организации целевого обучения всеми участниками, на сегодня складывается ситуация, в которой мы уже можем ответственно говорить, что совместно

справились с такими ключевыми проблемами подготовки кадров для ОПК (Оборонно-промышленного комплекса) предыдущего десятилетия как отсутствие интереса к инженерным специальностям и низкое качество целевых абитуриентов. Благодаря новым форматам организации дополнительного детского образования в форматах профильных лагерей, кружков технического творчества, олимпиад НТО и мероприятий «Молодых профессионалов» сейчас нет недостатка в мотивированных старшеклассниках, увлеченных техническим творчеством. Интерес к инженерным и ИТ специальностям очень высок.

То же можно сказать и о качестве обучения по профильным направлениям подготовки и специальностям. Оно несомненно возросло во многом благодаря участию промышленных предприятий в части организации практик, участия специалистов в преподавании и создании образовательных программ, развитию практик базовых кафедр и стажировок НПР.

То есть вузы вполне ответственно могут говорить, что они дают на выходе требуемое количество выпускников нужного для промышленности качества. Очень надеемся, что новый формат госплана, ориентирующийся на выпуск, это нам и подтвердит.

Но теперь на первый план выходит проблема не подготовки кадров, а их полноценного включения в трудовую деятельность таким образом, чтобы все полученные ими знания и навыки могли быть максимально эффективно использованы предприятием и сами молодые специалисты нашли свою карьерную траекторию на предприятии.

Также как раньше дополнительные совместные усилия Минобрнауки России и ОПК кроме непосредственно самого госплана были нацелены на развитие качества целевого обучения, например через ВЦП «Новые кадры ОПК», так и теперь необходимо продумать и принять меры по созданию единого контура поддержки трудоустройства, адаптации и развития карьеры выпускников. Это тот важный этап, когда хорошо подготовленный выпускник должен превратиться в не менее классного молодого специалиста. Сейчас мы видим, что очень часто именно в этот момент мы теряем молодых и перспективных ребят из-за отсутствия должных условий на предприятиях и не соответствия ожиданий реальности. Мы также понимаем, что предприятия, которые в наименьшей степени соответствуют ожиданиям выпускников на самом деле как раз больше других, возможно более благополучных предприятий, нуждаются в новых перспективных кадрах для ускоренного развития и выходу на требуемый уровень.

Разработав единую программу поддержки для целевиков ОПК мы сможем обеспечить достойный уровень включения выпускников в трудовую деятельность и гарантированное качество адаптации и сопровождения на те три года, которые входят в договорные обязательства. Мероприятия программы могут включать и выплату единовременных пособий, и программы субсидированной ипотеки, и развитие института наставничества и дополнительные образовательные программы.

Tasks of developing work with specialists of targeted training of the military-industrial complex

Basova V.P.
MAI, Moscow, Russia

Analyzing the ongoing changes both at the legislative and regulatory level, and in the actual practice of organizing targeted training by all participants, today there is a situation in which we can already responsibly say that we have jointly coped with such key problems of personnel training for the defense industry of the previous decade as lack of interest in engineering specialties and low quality of target applicants. Thanks to the new formats of organizing additional children's education in the formats of specialized camps, technical creativity circles, NTI Olympiads and "Young Professionals" events, there is now no shortage of motivated high school students who are passionate about technical creativity. Interest in engineering and IT specialties is very high.

The same can be said about the quality of training in specialized areas of training and specialties. It has undoubtedly increased largely due to the participation of industrial enterprises in the organization of practices, the participation of specialists in teaching and creating educational programs, the development of practices of basic departments and internships of NPR.

That is, universities can quite responsibly say that they produce the required number of graduates of the required quality for the industry. We really hope that the new format of Gosplan, focused on the release, will confirm this to us.

But now the problem of not training personnel comes to the fore, but their full inclusion in the workforce in such a way that all the knowledge and skills they have acquired can be used as effectively as possible by the enterprise and the young specialists themselves have found their career trajectory at the enterprise.

Just as earlier, additional joint efforts of the Ministry of Defense and the Defense Industry, in addition to the Gosplan itself, were aimed at developing the quality of targeted training, for example, through the New Defense Personnel Center, so now it is necessary to think over and take measures to create a single contour to support employment, adaptation and career development of graduates. This is an important stage when a well-prepared graduate should turn into an equally cool young specialist. Now we see that very often it is at this moment that we lose young and promising guys due to the lack of proper conditions at enterprises and not meeting expectations of reality. We also understand that the enterprises that least meet the expectations of graduates are actually just more than other, possibly more prosperous enterprises, need new promising personnel for accelerated development and reaching the required level.

By developing a unified support program for defense industry targets, we will be able to ensure a decent level of inclusion of graduates in the workforce and guaranteed quality of adaptation and support for the three years that are included in the contractual obligations. The program's activities may include the payment of lump-sum benefits, subsidized mortgage programs, and the development of a mentoring institute and additional educational programs.

Методика технико-экономического обоснования закупки нового оборудования

Белов Г.О., Стариков С.А.
АО «Салют», г. Самара, Россия

Для любого промышленного предприятия обновление парка технологического оборудования является важной задачей, своевременное и рациональное решение которой является необходимым условием для развития производства. Но как экономически обосновать необходимость покупки того или иного оборудования и связать это с производственной программой и потенциалом предприятия? Традиционно производственный потенциал оценивается через располагаемые мощности – показатель, характеризуемый количеством располагаемых станко-часов в рассматриваемый период. Для расчёта мощностей задаются количеством заданного оборудования, сменностью и другими показателями, влияющими на данный вид операции. Затем определяются нестыковки с производственной программой, и определяется оборудование, которое необходимо дополнительно приобрести. Такой подход дал отличные результаты на массовых производствах с ограниченной номенклатурой. Если же говорить о предприятиях авиационной и ракетной промышленности, которые в основном работают малыми сериями и имеют дело с огромной номенклатурой, то такой подход хоть и применим, но весьма трудозатратен и требует наличия специализированного подразделения. Стоит отметить, что даже при наличии специализированного подразделения их расчёты приходится ждать слишком долго, когда как современные темпы изменения ситуации требуют принятия быстрых решений.

В своей работе мы предложили и обосновали методику расчёта мощностей и необходимого оборудования для выполнения производственного плана отличную от классической, основанной на теории вероятности. Данная методика позволяет проводить быструю оценку производственных мощностей и её динамическое изменение с учётом падение надёжности и увеличением вынужденных простоев, также данный расчёт позволяет обосновать количество технологического оборудования, которое необходимо приобрести. Данная методика может быть рекомендована для различных производственных предприятий с мелкосерийным производством большой номенклатуры.

Method of calculation necessary new equipment

Belov G.O., Starikov S.A.
JSC Salut, Samara, Russia

For every plant it is very impotent to buy new equipment, which is necessary for development. But how can I calculate a number of necessary equipment for the development of industry if I have only future plan. For that purpose we have traditional method, which gives us potential of own equipment in calculation period. In that case we must have a number of technical equipment, working period per day and many other impotent factors, which is follows for process. Than it is looking for variables of industry plan, and it is calculating a number of new equipment. That method gives us a very good result for big series and mass industry. If we looking at rocket and aviation industry, we having numerous details and small series. We can use traditional method but it will be very difficult and it is necessary a special department. That department is working very slowly, but our present challenges give us only fast solving.

In our work we make a new method of calculation necessary new equipment, which have much different from traditional method and use math analyze. That method let us get fast mark potential of own equipment and dynamic trend, which is include following of possibility and rising number of broking. Also that method let us to calculate number of necessary new equipment. It is recommended for using different plants, which have many products of small series.

Требования к пресуппозиционным знаниям переводчика при переводе документальных фильмов на авиационную тематику с русского языка на английский

Бернацкая М.Т.
МАИ, г. Москва, Россия

Целью данной работы является рассмотрение требований, предъявляемых к пресуппозиционным знаниям переводчика, работающего в аэрокосмической отрасли и занимающегося переводом документальных фильмов с русского языка на английский на примере документального фильма телеканала НТВ «Одно на двоих».

Пресуппозиционные знания (или пресуппозиции) – это «имплицируемый, подразумеваемый отправителем сообщения антецедент (А), который составляет условие осмысленности (смысловой полноты) эксплицитного, имеющегося в явном виде в тексте консеквента В (В следует из А)» (Г.В. Чернов). Другими словами, это лингвистические и экстралингвистические знания, без которых осмысление высказывания является невозможным.

М.Е. Коровкина, рассматривая пресуппозиции, выделяет два вида пресуппозиционных знаний: референциально-языковые и когнитивно-тезаурусные. Первые – показатель языковой компетенции переводчика, вторые – экстралингвистические знания, знания о мире.

Когнитивно-тезаурусные пресуппозиции предполагают хорошее знание в той области, в которой осуществляется перевод, в данном случае – аэрокосмической сфере. Если переводчик не обладает подобными знаниями, то перевод просто не состоится.

Рассмотрим пример из фильма.

МИГ-29, принадлежащий ЛИИ имени Громова рухнул в Коломенском районе.

Для того, чтобы перевести эту, казалось бы, простую фразу, переводчик, тем не менее, должен знать, что МИГ-29 – это самолёт, ЛИИ имени Громова – научно-исследовательский институт, занимающийся исследованиями и испытаниями летательных аппаратов.

Референциально-языковые пресуппозиции – это как хорошее общее знание английского (неродного) языка, так и знание профессиональной терминологии.

Например, в фильме есть такое высказывание:

У нас были все три вида, которые возможны, на этом самолёте пожара: коробка самолётных агрегатов, пожар левого двигателя и пожар правого.

С одной стороны, перевод этого высказывания невозможно перевести без предварительного понимания, что такое правый и левый двигатели, коробка самолётных агрегатов. С другой стороны, даже обладая этими знаниями, но не зная как именно в английском языке

обозначаются вышеперечисленные части самолёта, осуществить перевод также не представляется возможным.

Таким образом, совершенно очевидно, что для успешного перевода документального фильма на авиационную тематику с русского языка на английский, переводчик должен обладать широкими познаниями в аэрокосмической сфере вообще и хорошо разбираться в вопросах, затрагиваемых в фильме в частности, наряду с хорошим общем знанием английского языка и терминологии, принятой в данной сфере, на обоих языках.

Requirements in presuppositional knowledge for translators in the process of tanslating aviation dicumentaries from Russian into English

Bernatskaia M.T.
MAI, Moscow, Russia

The aim of this paper is to analyze the requirements in presuppositional knowledge of a translator who work in the aerospace industry and deal with translation of aviation documentaries from Russian into English on the example of NTV Channel documentary “One sky for two pilots”.

Presuppositional knowledge (or presuppositions) is “implicit background (A) that is assumed by the submitter that becomes essential to the meaning (comprehensiveness of the meaning) of the explicit which is explicitly expressed in the text of a consequent B (B follows from B)” (G. Chernov). In other words, this is linguistic and extralinguistic knowledge that make the utterance clear and lack of which make it impossible to understand the utterance.

Writing about presuppositions, M. Korovkina divide them into two categories: the language and referential presuppositions and the cognitive thesaurus-based ones.

The former is a set of linguistic competences of a translator and the latter is extralinguistic knowledge about the world.

The cognitive thesaurus-based presuppositions suggest good knowledge in the sphere the film belong to, in case of this paper it is aerospace industry. If a translator lacks such knowledge, the translation is not possible.

Let us look into the example from the film.

MiG-29, which belonged to Gromov Flight Research Institute, crashed in Kolomna district, Moscow region.

In order to translate this seemingly easy utterance the translator has to know that MiG-29 is an airplane, Gromov Flight Research Institute is a research center that research and test aircraft.

The language and referential presuppositions include both good knowledge in general English (non-native language) and acquaintance with terms which are used in the particular industry.

For example, there is an utterance in the film:

Our plane caught all three possible types of fire. They were of the accessory drive, both right and left engines.

On the one hand, this utterance is impossible to translate if the translator does not know what accessory drive, right and left engines are. On the other hand, even if the translator knows it, the translation cannot be conducted unless the translate knows the terms that are used for these plane parts.

Given all the information above, it becomes absolutely clear that in order to successfully translate an aviation documentary from Russian into English, a translator should have sufficient knowledge aerospace industry in general as well as good understanding of the problems that the film touches upon in particular. At the same time the translator should have good knowledge in general English as well as in aviation terms in both languages.

Математическое моделирование процессов анализа стратегической эффективности инновационных проектов

Бондаренко А.В., Бурдина А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Проведён анализ развития помодульно-распределённых систем авиационной техники, которое характеризуется переходом на бесплазовый метод производства, использование

интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой, применение в сборочном процессе беспилотных летательных комплексов, а в рамках проектирования и производства продукции в проектном управлении применение CALS-технологии на всех стадиях жизненного цикла помодульно-распределённых систем авиационной техники. Расширяется объем применения в конструкции помодульно-распределённых систем авиационной техники полимерных композитных материалов – стеклопластиков, углепластиков, боропластиков, металлопластиков, оргонопластиков – позволяющие улучшить характеристики и функциональные свойства самолетов.

В исследовании разработаны научно-методические положения и принципы системы управления, синтезирующей принципы унитарного, модульного и смешанного создания и развития технических систем с современными принципами проектного управления (методология AGILE) и процессного управление (методология SADT). Предложен математический инструментарий оценки технологической, кадровой, материальной, сервисной структурных характеристик компонент помодульно-распределённых систем авиационной техники. Обоснована математическая модель оценки эффективности стратегической эффективности инновационных проектов создания помодульно-распределённых систем авиационной техники. Дополнительно обосновывается применение показателя странового риска.

В исследовании представлено математическое описание экономического процесса оценки разработки, подготовки и реализации различных перспективных возможностей создания новой техники (финансового, инвестиционного, инпеллектуального, др.). Предлагается метод определения и анализа обобщённого надёжностно-технологического потенциала распределенных высокотехнологичных авиационных систем и систем летательных аппаратов на всех стадиях жизненного цикла на основе нейросетевого моделирования и анализа стратегической эффективности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-010-00428\20 от 05.03.2020 г.

Литература:

1. Davydov A.D., Gorelov B.A., Tihonov A.V., Kalinenko A.S. Economic and mathematical models of adaptive life cycle management for distributed aircraft systems // 18th International Conference «Aviation and Cosmonautics – 2019» Abstracts. 2019. С. 555-556.

2. Grelov B.A., Burdina A.A., Davydov A.D., Kaloshina M.N., Bondarenko A.V. Model for determining the efficiency of operation of modularly distributed systems of aircraft considering cost factors and uncertainty factors // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems. 2020. 12 (06). С. 2998-3004. DOI: 10.5373/JARDCS/V12I6/S20201264.

3. Горелов Б.А., Давыдов А.Д., Силаев А.В., Тихонов А.В. Модели управления развитием распределенных технических систем // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2018, № 3 (696). С.92-103.

4. Давыдов А.Д., Горелов Б.А., Тихонов А.В. Задачи управления развитием помодульно распределенных систем авиационной техники // Экономика высокотехнологичных производств. 2020. Т.1, №1. С.37-48.

5. Давыдов А.Д., Горелов Б.А., Тихонов А.В., Калиненко А.С. Экономико-математические модели адаптивного управления жизненным циклом распределённых систем авиационной техники. 2019. С.267.

The analytical procedures' mathematical modeling of innovative projects' strategic efficiency

Bondarenko A.V., Burdina A.A.

MAI, Moscow, Russia

Done: the development analysis of the of aviation equipment's modular-distributed systems, characterized by the transition to a plasma-free production method, the use of integrated modular avionics with an open architecture, the use of unmanned aerial systems in the assembly process, within the framework of design and production of products in project management, the use of CALS technology at all stages of the life cycle of module-distributed systems of aviation technology. The scope of application in the design of modular-distributed systems of aviation technology of polymer

composite materials is expanding – fiberglass, carbon plastics, boron-fiber reinforced plastics, reinforced-plastics, organic plastics – allowing to improve the characteristics and functional properties of aircraft.

The study developed scientific and methodological provisions and principles of a management system that synthesizes the principles of unitary, modular and mixed creation and development of technical systems with modern principles of project management (AGILE methodology) and process management (SADT methodology). Offered the mathematical tooling for assessing the technological, personnel, material, service structural characteristics of the modular-distributed systems' components of aviation technology. A mathematical model for assessing the effectiveness of the strategic efficiency of innovative projects for the creation of modular-distributed systems of aviation technology has been substantiated. Considering the country risk indicator is additionally substantiated.

The study presents economic process' mathematical description of the assessing the development, the preparation and the implementation of various promising opportunities for creating new technology (financial, investment, intellectual, etc.). A method is proposed for determining and analyzing the generalized reliability and technological potential of distributed high-tech aviation systems and aircraft systems at all stages of the life cycle based on neural network modeling and analysis of strategic efficiency.

This work was supported by the RFBR grant No. 20-010-00428 \ 20 dated 03/05/2020.

References:

1. Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V., Kalinenko A.S. Economic and mathematical models of adaptive life cycle management of distributed aviation systems.Abstracts. 2019.S. 555-556.

2. Grelov B.A., Burdina A.A., Davydov A.D., Kaloshina M.N., Bondarenko A.V. Model for determining the efficiency of modular-distributed aircraft systems taking into account cost factors and uncertainty factors // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems. 2020.12 (06). S. 2998-3004. DOI: 10.5373 / JARDCS / V12I6 / S20201264.

3. Gorelov B.A., Davydov A.D., Silaev A.V., Tikhonov A.V. Models for managing the development of distributed technical systems // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavod. Mechanical engineering. 2018, No. 3 (696). S. 92-103.

4. Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V. Management tasks for the development of modularly distributed systems of aviation technology // Economics of high-tech industries. 2020.Vol. 1, No. 1. S. 37-48.

5. Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V., Kalinenko A.S. Economic and mathematical models of adaptive life cycle management of distributed system aviation technology. 2019.S. 267.

Оценка интеллектуального капитала предприятия авиационной отрасли с учётом стратегического риска

Бурденков А.С., Лукичева В.Ю
МАИ, г. Москва, Россия

Сущностными характеристиками интеллектуального капитала являются навыки, опыт, знания, возможности людей генерировать идеи, их продвигать и реализовывать, способности ставить и решать поставленные задачи, добиваться результата. Данные характеристики реализуются в нематериальных активах (патенты, базы данных, программы), увеличении прибыли, снижении издержек, снижении стратегического риска продукции. Снижение стратегического риска продукции вследствие воздействия интеллектуального капитала компании состоит в создании более конкурентоспособной продукции, улучшении ее характеристик в соответствии с требованиями индустрии 4.0 за счёт внедрения новых технологий, технических решений, использования инновационных материалов, комплектующих.

Для оценки эффективности функционирования интеллектуального капитала можно использовать систему KPI. Однако в данной системе не учитывается уровень стратегического развития и стратегического риска интеллектуального капитала. Это необходимо учитывать в

оценке, так как если интеллектуальный капитал компании не развивается в соответствии с требованиями Индустрии 4.0, 5.0 то он обладает высоким стратегическим риском и в ближайшем будущем не сможет генерировать прибыль и повышать стоимость компании. Это обстоятельство особо важно для высокотехнологичных отраслей к которым относится авиационная промышленность.

В исследовании для оценки эффективности функционирования и развития интеллектуального капитала предлагается использовать модель оценки стоимости интеллектуального капитала, основанную основана на выделении дохода, генерируемого интеллектуальным капиталом и прогнозного дохода с учётом уровня стратегического риска. В качестве источников формирования интеллектуального капитала можно выделить затраты на повышение квалификации, фонд оплаты труда, представительские и прочие расходы. Интеллектуальный капитал целесообразно разделять на три составляющие – человеческий, структурный, потребительский и проводить оценку каждой компоненты.

Таким образом, формирование, эффективное использование, развитие интеллектуального капитала компании при снижении его стратегического риска приводит к образованию новых видов стоимости в компании: инновационные результаты, увеличение интеллектуальной компоненты прибыли, рост потенциала конкурентоспособности, приращение стоимости компании. Определена структура методического инструментария оценки интеллектуального капитала предприятия авиационной отрасли с учётом стратегического риска, учитывающего процессы цифровизации в авиационной промышленности, меняющиеся технические, технологические факторы внешней среды.

Assessment of the intellectual capital of an enterprise in the aviation industry, taking into account strategic risk

Burdenkov A.S., Lukicheva V.Yu.
MAI, Moscow, Russia

The essential characteristics of intellectual capital are skills, experience, knowledge, the ability of people to generate ideas, promote and implement them, the ability to set and solve tasks, and achieve results. These characteristics are realized in intangible assets (patents, databases, programs), increasing profits, reducing costs, reducing the strategic risk of products. Reducing the strategic risk of products due to the impact of the company's intellectual capital consists in creating more competitive products, improving their characteristics in accordance with the requirements of Industry 4.0 through the introduction of new technologies, technical solutions, and the use of innovative materials and components.

To assess the effectiveness of the functioning of intellectual capital, you can use the KPI system. However, this system does not take into account the level of strategic development and strategic risk of intellectual capital. This must be taken into account in the assessment, since if the company's intellectual capital does not develop in accordance with the requirements of Industry 4.0, 5.0, then it has a high strategic risk and will not be able to generate profit and increase the company's value in the near future. This circumstance is especially important for high-tech industries to which the aviation industry belongs.

In the study, to assess the effectiveness of the functioning and development of intellectual capital, it is proposed to use a model for assessing the value of intellectual capital, based on the allocation of income generated by intellectual capital and projected income, taking into account the level of strategic risk. As the sources of the formation of intellectual capital, one can single out the costs of professional development, the wage fund, hospitality and other expenses. It is advisable to divide intellectual capital into three components – human, structural, consumer, and assess each component.

Thus, the formation, effective use, development of the company's intellectual capital while reducing its strategic risk leads to the formation of new types of value in the company: innovative results, an increase in the intellectual component of profit, an increase in competitiveness potential, an increase in the company's value. The structure of the methodological toolkit for assessing the intellectual capital of an enterprise in the aviation industry has been determined, taking into account

the strategic risk, taking into account the digitalization processes in the aviation industry, changing technical and technological factors of the external environment.

Концепция жизненного цикла продукции авиастроения в условиях цифровизации

Бурдин С.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В исследовании произведено изучение процессов управления жизненным циклом продукции предприятий авиастроения, теоретико-методических и научно-практических разработок, что позволило обосновать концепцию управления жизненным циклом продукции ПА на основе оценки стратегического риска. Это вызывает необходимость актуализации используемых в процессе управления ЖЦ продукции предприятий авиастроения управленческих подходов, механизмов с учётом глобальной отраслевой и межотраслевой цифровизации.

В основу концептуальной модели управления ЖЦ продукции ПА положен риск-ориентированный подход к управлению этапами жизненного цикла, особенностью которой является возможность управления в разрезе процедур анализа, планирования, организации, контроля с учетом специфики предприятий авиастроения. Это позволяет установить связи между характеристиками факторов стратегического риска управления ЖЦ продукции предприятий авиастроения с одной стороны, и требованиями заказчиков, с другой стороны, уточнить процедуру управления ЖЦ продукции отрасли авиастроения в соответствии с определёнными, в государственной стратегии, ориентирами.

На основе анализа ряда факторов, характеризующих совокупность внешних и внутренних воздействий в исследовании был предложен методический подход к многоуровневой оценке стратегического риска управления ЖЦ продукции предприятий авиастроения, включающий оценку на уровне характеристик продукции, материально-технических, технологических возможностей предприятий авиастроения, стоимостных характеристик продукции с учётом временного фактора, что позволяет принимать взвешенные управленческие решения по организации, планированию, контролю этапов жизненного цикла продукции предприятий авиастроения.

Определена структура методического инструментария обоснования необходимости модернизации продукции предприятий авиастроения в условиях цифровизации. Данный механизм позволяет уточнить процедуру управления жизненным циклом продукции ПА с целью повышения скорости реакции менеджмента ПА на меняющиеся технические, технологические факторы внешней среды, принятия решений при время-ресурсном дефиците.

Предлагаемая в данном исследовании концепция управления ЖЦ продукции предприятий авиастроения, разрабатывается как система причинно-следственных и обратных связей по организации и управлению ЖЦ, разрабатывается автоматизированная информационно-аналитическая система для цифровых технологий управления жизненным циклом продукции ПА. Применение разработанной концепции позволит ПА обоснованно принимать решения по модернизации продукции, разработке модификаций, внедрению инноваций в структуру систем АТ, по выбору предприятий, производящих необходимые материалы, компоненты, системы, технологии для продукции АП, а также по государственной поддержке на этапах жизненного цикла продукции ПА. Результаты исследования апробированы на действующих предприятиях.

Литература:

1. Берг, Д. Б. Модели жизненного цикла: учебное пособие / Д. Б. Берг, Е. А. Ульянова, П. В. Добряк; Екатеринбург : Изд-во Урал, 2014 – 50 с.

2. Горелов Б.А. Модели управления развитием распределенных технических систем Известия вузов. Машиностроение. 2018, № 3, С. 92-103.

3. Burdin, S.S. Modernization of High-Tech Products with Strategic -Risk Assessment / S.S. Burdin, A.A. Burdina, N.V. Moskvicheva // – ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2020, Vol. 40, No. 12, pp. 1115–1117. published in STIN, 2020, No. 11, pp. 9–13.

The concept of the life cycle of aircraft products in the context of digitalization

Burdin S.S.
MAI, Moscow, Russia

The study studied the processes of life cycle management of aircraft products, theoretical-methodological and scientific-practical developments, which made it possible to substantiate the concept of life cycle management of aircraft products based on strategic risk assessment. This necessitates updating the management approaches and mechanisms used in the lifecycle management process of aircraft manufacturing enterprises, taking into account the global sectoral and inter-sectoral digitalization.

The conceptual model for managing the life cycle of PA products is based on a risk-oriented approach to managing the stages of the life cycle, a feature of which is the ability to manage in the context of procedures for analysis, planning, organization, control, taking into account the specifics of aircraft manufacturing enterprises. This makes it possible to establish links between the characteristics of strategic risk factors in the management of the life cycle of aircraft manufacturing enterprises, on the one hand, and the requirements of customers, on the other hand, to clarify the procedure for managing the life cycle of aircraft industry products in accordance with certain guidelines in the state strategy.

Based on the analysis of a number of factors characterizing the combination of external and internal influences, the study proposed a methodological approach to a multi-level assessment of the strategic risk of life cycle management of aircraft manufacturing enterprises, including an assessment at the level of product characteristics, material and technical, technological capabilities of aircraft manufacturing enterprises, cost characteristics of products, taking into account a time factor, which allows us to make informed management decisions on the organization, planning, control of the stages of the life cycle of aircraft manufacturing enterprises.

The structure of the methodological tools for substantiating the need to modernize the products of aircraft manufacturing enterprises in the context of digitalization has been determined. This mechanism makes it possible to clarify the procedure for managing the life cycle of PA products in order to increase the speed of response of the PA management to changing technical and technological factors of the external environment, making decisions with a time-resource shortage.

The concept of life cycle management of aircraft manufacturing enterprises proposed in this study is being developed as a system of cause-and-effect and feedback for organizing and managing life cycle, an automated information and analytical system for digital technologies for managing the life cycle of PA products is being developed. The application of the developed concept will allow the PA to reasonably make decisions on the modernization of products, the development of modifications, the introduction of innovations into the structure of the AT systems, at the choice of enterprises producing the necessary materials, components, systems, technologies for the products of the AP, as well as on state support at the stages of the life cycle of PA products. The research results have been tested at operating enterprises.

Цифровизация Самарского авиакосмического кластера

Валиева З.Г., Костыгова Л.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Процесс цифровизации Самарского авиакосмического кластера требует решения следующих задач:

• Определение методов и факторов цифровизации (цифровой трансформации), которые могут быть использованы в контексте опережающего развития промышленных кластеров, в сфере авиакосмического машиностроения, в т. ч. для перехода таких кластеров на принципиально новый уровень функционирования.

• На основе выделенных факторов разработка методического инструментария оценки влияния цифровизации на развитие кластеров.

• Определение направлений действий и целей цифровой трансформации участников анализируемого кластера в соответствии с общенациональным и глобальным контекстом цифровой трансформации.

• Определение ожидаемых результатов.

В промышленности, в том числе для кластеров, под экосистемой предлагается понимать цифровую среду, в рамках которой стейкхолдеры всех уровней, используя цифровые платформы и решения, могут осуществлять скоростной обмен данными, информацией, в т. ч. научными исследованиями; реализацию и приобретение продукции и услуг, получая при этом синергетические эффекты. Новизна состоит в том, что в коллективную деятельность вовлечены все стейкхолдеры, они не обязательно связаны непосредственными отношениями в цепочках прибавочной стоимости, и не обязательно привязаны к единым цифровым решениям; решающее значение имеет согласованный формат и регламент обмена информацией между ними. Исходя из общей логики успеха инновационных систем, для экосистемы Самарского авиакосмического кластера определены следующие взаимосвязанные тренды:

• Усиление кооперации между промышленными компаниями, с одной стороны, и научными и образовательными структурами, с другой.

• Связи между цифровыми системами участников в целях единства технологического развития.

• Трансформация унаследованных систем подготовки кадров в интересах содействия инновационному вектору развития.

Ожидаемые результаты:

• За 10 лет производительность труда для каждой компании-участницы планируется удвоить.

• Доля на мировом рынке для каждой компании 5%.

• Доля малого бизнеса в экосистеме 30%.

• Рост числа высокотехнологичных рабочих мест на 30 тысяч.

Digitalization of the Samara Aerospace Cluster

Valieva Z.G., Kostygova L.A.
MAI, Moscow, Russia

The digitalization process of the Samara Aerospace Cluster requires solving the following tasks:

• Identification of methods and factors of digitalization (digital transformation) that can be used in the context of advanced development of industrial clusters, in the field of aerospace engineering, including for the transition of such clusters to a fundamentally new level of functioning.

• Based on the identified factors, the development of methodological tools for assessing the impact of digitalization on the development of clusters.

• Determination of the directions of actions and goals of digital transformation of the participants of the analyzed cluster in accordance with the national and global context of digital transformation.

• Determination of expected results.

In industry, including for clusters, it is proposed to understand the ecosystem as a digital environment in which stakeholders of all levels, using digital platforms and solutions, can carry out high-speed exchange of data, information, including scientific research; the sale and purchase of products and services, while obtaining synergetic effects. The novelty lies in the fact that all stakeholders are involved in collective activity, they are not necessarily connected by direct relationships in the chains of surplus value, and they are not necessarily tied to single digital solutions; the agreed format and regulations for the exchange of information between them are crucial. Based on the general logic of the success of innovative systems, the following interrelated trends have been identified for the ecosystem of the Samara Aerospace cluster

• Strengthening cooperation between industrial companies, on the one hand, and scientific and educational structures, on the other.

• Links between participants' digital systems for the purpose of unity of technological development.

• Transformation of legacy training systems in order to promote the innovative vector of development.

Expected results:

• It is planned to double labor productivity for each participating company in 10 years.

• Global market share for each company 5%.
• The share of small businesses in the ecosystem is 30%.
• An increase in the number of high-tech jobs by 30 thousand.

Понятие прагматической установки при переводе текстов аэрокосмической тематики (на материале французского языка)

Веденская Т.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Активное участие студентов МАИ в различных научных конференциях, публикация тезисов и статей в сборниках предполагает понимание специфики написания научных текстов. Поэтому важно научить студентов профессиональному подходу к этому виду работы. Таким образом, аспект прагматики при работе над научными статьями является принципиальным и определяет актуальность данной статьи.

Общей и единой прагматической целью научно-технических текстов является лаконичная, четкая, объективная, безличная и обобщенная, понятная и доступная, аргументированная и логически последовательная передача информации. Но каждая из разновидностей научно-технических текстов имеет и свою особую прагматическую цель, зависящую не только от предмета высказывания, но и от коммуникативно-прагматической ситуации, в которой происходит речевой акт. Прагматическая установка текста представляет собой сложное явление. Отдельные высказывания одного и того же текста могут иметь разные установки, интегрированные в общую прагматическую установку текста. Через свою многогранность, комплексность прагматическая установка развивается по нескольким определенным направлениям, создавая прагматическое содержание. Расположение содержания в структуре текста является неоднородным и характеризуется наличием важных элементов в прагматически сильных позициях.

Прагматической целью французских научно-технических текстов является передача научно-технической и общетехнической информации специалистам соответствующих направлений. Изложенные в объективной, четкой и безличной форме, они являются формальными, стандартизированными и логически выстроенными. Такой своеобразный и интегрированный вид французских научно-технических текстов на стилистическом уровне достигается благодаря определенным способам представления материала.

Среди прагматически-предопределенных стилистических средств, которые используются в научно-технических текстах, выделяются: инверсия, стремление к безличности и обобщенности изложения предопределяет широкое употребление конструкций с пассивным значением в третьем лице, использование типичных текстооформляющих актуализаторов, употребление отрицательных и неопределенно-личных местоимений.

Важно понимать, что эффективность прагматической установки текста можно считать высокой, если в ней максимально отображены интересы адресанта и адресата.

Результаты исследования могут использоваться при обучении студентов умению написания научных текстов.

Литература:

1. Власова С.В. Участие студентов инженерных специальностей Московского авиационного института в научных конференциях как способ совершенствования их навыков технического перевода//Мир науки. 2018. Т. 6. № 3. С. 9.

2. Зубанова С.Г. Развитие лингвистического образования в Авиационном вузе: проблемы и перспективы внедрения основной образовательной программы лингвистической магистратуры. Общество: социология, психология, педагогика.2019.№3.С.120-123.

3. Ременникова И.А. Перевод с французского языка текстов по авиационно-космической тематике на основе синтаксического анализа предложения//В сборнике Научно-методический семинар кафедр Факультета иностранных языков. Сборник научных и учебно-методических докладов и статей. Факультет иностранных языков МАИ-НИУ; Ответственный редактор Аникеева И. Г.. Москва, 2016. С. 238-245.

The concept of a pragmatic attitude in the translation of aerospace texts (based on the material of the French language)

Vedenskaya T.E.
MAI, Moscow, Russia

The active participation of MAI students in various scientific conferences, the publication of theses and articles in collections presupposes an understanding of the specifics of writing scientific texts. Therefore, it is important to teach students a professional approach to this type of work. Thus, the aspect of pragmatics when working on scientific articles is fundamental and determines the relevance of this article.

A common and unified pragmatic goal of scientific and technical texts is a concise, clear, objective, impersonal and generalized, understandable and accessible, reasoned and logically consistent transmission of information. But each of the varieties of scientific-technical texts has its own special pragmatic purpose, depending not only on the subject of the statement, but also on the communicative and pragmatic situation in which the speech act occurs. The pragmatic attitude of the text is a complex phenomenon. Individual utterances of the same text may have different attitudes integrated into the overall pragmatic attitude of the text. Through its versatility, complexity, the pragmatic attitude develops in several specific directions, creating a pragmatic content. The arrangement of the content in the structure of the text is heterogeneous and is characterized by the presence of important elements in pragmatically strong positions.

The pragmatic purpose of French scientific-technical texts is to transfer scientific, technical and general technical information to specialists in the relevant fields. French scientific and technical texts have various qualitative and quantitative characteristics. Presented in an objective, clear and impersonal form, they are formal, standardized and logically structured. Such a peculiar and integrated view of French scientific-technical texts at the stylistic level is achieved due to certain ways of presenting the material.

Among the pragmatically predetermined stylistic means that are used in such kind of texts, the following are distinguished: inversion, the desire for impersonality and generality of presentation predetermines the widespread use of constructions with a passive meaning in the third person, the use of typical text-forming actualizers, the use of negative and indefinite personal pronouns.

Thus, for a clear and consistent message to the addressee of the meaning of the statement in the form of justification, prescription, evidence, narrative, to create the integrity of the text, an integrated unity of linguistic, stylistic and pragmatic means is used.

It is important to understand that the effectiveness of the pragmatic setting of the text can be considered high if the interests of the addressee and the addressee are maximally reflected in it.

The results of the study can be used in teaching students the ability to write scientific texts.

Совершенствование языковой подготовки по инженерно-техническим специальностям в МАИ

Власова С.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность. Сегодня наблюдается разрыв между овладением иностранным языком (ИЯ) в вузе и его профессиональным применением в аэрокосмической области.

Новизна работы состоит в анализе эффективности практико-ориентированного обучения ИЯ студентов инженерного профиля.

Цель – рассмотрение путей повышения качества обучения ИЯ на базе деятельностного подхода [1], научно-исследовательской работы (НИРС).

Гипотеза заключается в предположении о росте качества обучения при интегрированном использовании технического ИЯ как в учебном процессе, так и в НИРС, и в профессиональной подготовке будущих инженеров.

Анализ литературы по теме исследования дает автору основу для актуализации таких методов обучения ИЯ как практическая направленность, личностно-ориентированный коммуникативный подход. [2] Предлагаются методические приемы формирования у студентов профессионального научного сознания с помощью ИЯ [3] с учетом

индивидуальных запросов обучающихся на базе современных средств обучения. [6] Показана необходимость компенсаторных и адаптационных приемов обучения ИЯ в аспекте педагогики сотрудничества. Доказывается важность лингвокультурологических знаний для развития коммуникативной мобильности в профессии. [2]

Особую важность автор придает междисциплинарной интеграции: обучению ИЯ студентов целевых наборов, руководству на базе НИРС проектами будущих инженеров и лингвистов, занятиям ИЯ в учебных лабораториях (ангарах), привлечению студентов к дискуссиям на ИЯ в ходе аэрокосмических конференций. [4]

По результатам исследования предложенная гипотеза верна. Отмечен более высокий процент овладения словарем специальности, рост участников НИРС среди студентов инженеров на иностранном языке, повышенная мотивация к изучению технического ИЯ. [5]

Сделаны выводы о важности профессионально-направленного обучения ИЯ, в том числе и по индивидуальным образовательным траекториям.

Литература:

1. Бабанский Ю.К. Оптимизация процесса обучения. М.: Педагогика, 1977. - 257 с.

2. Коряковцева Н.Ф. Социокогнитивный подход к обучению иностранному языку в рамках межкультурной парадигмы лингвистического образования. [Электронный ресурс] // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. 2020. № 1 (834). С. 11-22. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32307606. Дата обращения: (27.08.2021)

3. Халеева, И.И. Основы теории обучения пониманию иноязычной речи. (Подготовка переводчиков) : автореферат дис. ... доктора педагогических наук : 13.00.02; 10.02.19. [Электронный ресурс] // Воен. ин-т. - Москва, 1990. - 36 с. Режим доступа: https://gavrilenko-nn.ru/upload/pdf/7371d0a496d905b2c5d92ce813b19fd6.pdf. Дата обращения: (12.09.2021)

4. Reyes, Guillermo & Saavedra, Jorge & Aguayo, Margarita. (2020). Team-Based Learning in a Higher Education Engineering Course. XXI Revista de Educación. 44. 2215. 10.15517/revedu.v44i1.38316.

5. Social networks as a means of monitoring students' progress Krivova A.L., Kalliopin A.K., Korotaeva I.E., Shafazhinskaya N.E., Ermilova D.Yu. Propositos y representaciones. 2021. Т. 9. № S3. С. e1264.

6. Using internet resources for remote language learning. Liu Z.-Y., Spitsyna N., Zubanova S., Vekilova A. International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2020. Т. 15. № 13. С. 22-33.

Improvement of language training in engineering and technical specialties in MAI

Vlasova S.V.

MAI, Moscow, Russia

Relevance. Today we observe a gap between mastering a foreign language at a university and its professional application in the aerospace field.

The novelty of the work consists in the analysis of the effectiveness of practice-oriented teaching of engineering students.

The purpose is to consider ways to improve the quality of a foreign language training on an activity-based approach [1], students' scientific research work.

The hypothesis is based on the assumption of an increase in the training quality with the integrated use of technical language while learning, researching and professional training of future engineers.

The analysis of the literature on the research topic gives the author a basis for updating such methods of teaching as practical orientation, personality-oriented communicative approach. [2] Training methods of forming students' professional scientific consciousness with a foreign language [3], following the individual requests of students on the basis of modern teaching tools, are proposed. [6] The necessity of balanced and adaptive methods of teaching a foreign language in the aspect of team work is shown. The importance of linguacultural principle for the development of professional communicative skills is proved.

The author gives attention to interdisciplinary integration: the teaching of targeting training students, the organizing of joint research projects for future engineers and linguists, the training of engineers in laboratories (hangars), the involving students in discussions at aerospace conferences in a foreign language.[4]

According to the results of the work, the proposed hypothesis is correct. There was a higher percentage of mastering the professional vocabulary, the growth of participants of research work, increased motivation to study technical knowledge. [5]

Conclusions are drawn about the importance of professionally-oriented training of a foreign language, including individual educational trajectories.

References:

1. Babansky Yu.K. Optimization of the learning process. M.: Pedagogy, 1977. - 257 p.

2. Koryakovtseva N.F. Sociocognitive approach to teaching a foreign language within the framework of the intercultural paradigm of linguistic education. [Electronic resource] // Bulletin of the Moscow State Linguistic University. Education and pedagogical sciences. 2020. No. 1 (834). pp. 11-22. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32307606 . Date of application: (08/27/2021)

3. Khaleeva, I.I. Fundamentals of the theory of teaching understanding of foreign language speech. (Training of translators) : abstract of the dis. ... Doctors of Pedagogical Sciences : 13.00.02; 10.02.19. [Electronic resource] // Military. in-T. - Moscow, 1990. - 36 p. Access mode: https://gavrilenko nn.ru/upload/pdf/7371d0a496d905b2c5d92ce813b19fd6.pdf . Date of application: (12.09.2021)

4. Reyes, Guillermo & Saavedra, Jorge & Aguayo, Margarita. (2020). Team-Based Learning in a Higher Education Engineering Course. XXI Revista de Educación. 44. 2215. 10.15517/revedu.v44i1.38316.

5. Social networks as a means of monitoring students' progress. Krivova A.L., Kalliopin A.K., Korotaeva I.E., Shafazhinskaya N.E., Ermilova D.Yu. Propositos y representaciones. 2021. T. 9. № S3. C. e1264.

6. Using internet resources for remote language learning. Liu Z.-Y., Spitsyna N., Zubanova S., Vekilova A. International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2020. T. 15. № 13. C. 22-33.

Пересмотр реестра профессиональных рисков одно из условий стабильности работы предприятия

Галкина Е.Е., Сорокин А.Е., Дайнов М.И., Кабанов А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

На большинстве российских предприятий авиастроительного комплекса внедрены системы менеджмента качества, экологического менеджмента и менеджмента безопасности труда и охраны здоровья персонала. Их внедрение является одним из условий работы предприятий на международном рынке. Стандарты, в соответствии с которыми разрабатываются перечисленные системы менеджмента, устанавливают необходимость анализа рисков в рамках регулируемой, деятельности (управления качеством продукции, управления воздействиями на окружающую среду, управления условиями труда) и формирования реестра рисков. Процедура оценки рисков должна периодически повторяться.

Создавшаяся в мире ситуация с пандемией поставила промышленные предприятия в сложные условия. Работа в этот период требует от предприятий принятия эффективных мер по сохранению здоровья персонала. В связи с этим, предприятия, внедрившие системы менеджмента охраны труда и здоровья персонала (в соответствии с требованиями стандарта ISO 45001:2018) должны провести анализ рисков и внести коррективы в реестр профессиональных рисков производственной деятельности. Международная организация стандартизации разработала стандарт ISO 45005:2020, в котором предлагаются пути борьбы с рисками, связанными с COVID 19. В зависимости от вида выявленного риска, в стандарте можно найти рекомендации по его снижению.

Учет рекомендаций ISO 45005:2020 будет способствовать сохранению здоровья и работоспособности высококвалифицированных кадров на предприятиях авиастроительного

комплекса, что в свою очередь будет способствовать стабильности работы предприятий и повышению качества выпускаемой продукции.

Revision of the register of professional risks is one of the conditions for the stability of the enterprise

Galkina E.E., Sorokin A.E., Dainov M.I., Kabanov A.S.
MAI, Moscow, Russia

The majority of Russian aircraft manufacturing enterprises have implemented quality management systems, environmental management and occupational safety and health management of personnel. Their implementation is one of the conditions for the work of enterprises in the international market. The standards according to which the listed management systems are developed establish the need for risk analysis within the framework of regulated activities (product quality management, environmental impact management, labor conditions management) and the formation of a risk register. The risk assessment procedure should be repeated periodically.

The global pandemic situation has put industrial enterprises in difficult conditions. Work during this period requires enterprises to take effective measures to preserve the health of personnel. In this regard, enterprises that have implemented occupational health and safety management systems (in accordance with the requirements of ISO 45001:2018) should conduct a risk analysis and make adjustments to the register of occupational risks of production activities. The International Organization for Standardization has developed the ISO 45005:2020 standard, which suggests ways to combat the risks associated with COVID 19. Depending on the type of risk identified, recommendations for its reduction can be found in the standard.

Taking into account the recommendations of ISO 45005:2020 will contribute to maintaining the health and efficiency of highly qualified personnel at aircraft manufacturing enterprises, which in turn will contribute to the stability of enterprises and improve the quality of products.

Особенности перевода английской терминологии, применяемой в сфере исследования околоземного пространства и межпланетной среды

Галюк Н.А., Червяков В.И., Никольская Е.Э.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время ученые всего мира активно занимаются исследованиями околоземного пространства и межпланетной среды. Стремительное развитие этой области науки ведёт к появлению новой специальной терминологии.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что изучаемая нами лексика находится в стадии становления и представляет собой уникальный объект как для лингвистического, так и для переводческого анализа.

Практическим материалом исследования послужили 330 английских терминов и их русские эквиваленты из статей, опубликованных на страницах портала NOAA и портала ИЗМИРАН.

Цель исследования состоит в выявлении особенностей перевода англоязычной терминология, используемой в области исследования околоземного пространства и межпланетной среды.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

1. Проведён структурно-семантический анализ английских терминов. Однокомпонентные термины представлены именами существительными, именами прилагательными, герундиальными и причастными формами глаголов. Двухкомпонентные термины состоят либо из ядерного существительного и модификатора в виде имени прилагательного, либо из ядерного существительного и модифицирующего существительного. Трёхкомпонентные термины включают как сочетания из трёх существительных с различными схемами управления, так и сочетания с ядерным существительным и комплексным модификатором, включающим имя существительное и имя прилагательное. Остальные термины имеют различную сложную структуру управления.

2. Исследованы приёмы перевода терминов на основе классификации переводческих трансформаций Л.С. Бархударова. Наши примеры:

active sunspot group – группа активных солнечных пятен (перестановка, добавление),
solar filament disappearance – выброс солнечного волокна (замена, перестановка),
single event upset – единичный сбой (опущение).

3. Определены наиболее часто используемые способы перевода исследуемой лексики. Это транспозиции (132 случая из 300) и замены (100 случаев из 300).

Практическая значимость исследования состоит в том, что полученные в ходе исследования сведения, могут быть применены на практике переводчиками, а так же преподавателями и студентами.

Подводя итоги исследования, важно отметить, что интенсивное развитие области исследования околоземного пространства и межпланетной среды, а так же появление новой терминологии, не отражённой в специальных словарях, свидетельствуют о перспективах дальнейшего изучения данной темы.

Special Features of Translation of the English Terminology Used in the Field of Near-Earth and Interplanetary Environment Exploration

Galyuk N.A., Chervaykov V.I., Nikolskaya E.E.
MAI, Moscow, Russia

At present, scientists around the world are actively engaged in the studies of near-Earth and interplanetary environment. The rapid development of this field of science leads to the emergence of new specialized terminology.

The relevance of the research topic is due to the fact that the terminological vocabulary we are studying is in its infancy and is a unique object for both linguistic and translation analysis.

The purpose of the research is to identify the features of the translation of English terms used in the field of near-Earth and interplanetary environment exploration.

The practical material used in the research is 330 English terms and their Russian equivalents from the articles published in the NOAA portal IZMIRAN portal.

The following tasks were solved:

1. Carried out is a structural and semantic analysis of the English terms. Two-component terms consist of either a nuclear noun and a modifier as an adjective or a nuclear noun and a modifying noun. Three-component terms include combinations of three nouns with different control schemes, as well as combinations with a nuclear noun and a complex modifier that includes a noun and an adjective. The rest of the terms have a varied and complex control structure.

2. Investigated are ways of translation of the terms on the basis of L.S. Barkhudarov's classification of translation transformations. Our examples:
active sunspot group – группа солнечных пятен (transposition, addition).
solar filament disappearance – выброс солнечного волокна (substitution, transposition).
single event upset – единичный сбой (omission).

3. Determined are the most frequently used translation techniques of transferring the target vocabulary. They are transpositions (132 cases out of 300) and substitutions (100 cases. out of 300).

The practical significance of the research lies in the fact that data obtained during the study can be applied in practice by translators, as well as teachers and students.

Summing up the results of the research, it is important to note that intensive development of near-Earth and interplanetary environment. exploration, as well as the emergence of new terminology that is not reflected in special dictionaries, indicate the prospects for a further study of this topic.

Проблема перевода терминологии по экологии (на материале пособия для магистрантов авиационного вуза)

Гоюшова Л.М., Чуксина О.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Проблема перевода терминологической лексики является актуальной в настоящее время, в связи с тем, что происходит постоянное заимствование терминов существующих наук, появляются новые термины и поднимается вопрос об адекватности их перевода в той или иной сфере знания. Целью нашего исследования является анализ терминологической лексики по

экологии (на материале пособия для магистрантов) и разработка классификаций данных терминов по функциональному и структурному признакам для решения проблем их перевода.

Рассматриваемое учебное пособие выполнено в формате предметно-языкового интегрированного обучения CLIL и представляет собой совместную работу коллектива авторов разных кафедр МАИ. Попытка объединить обучение общей экологии и английскому является примером внутривузовского сотрудничества в реализации междисциплинарного подхода к обучению. В плане содержания учебное пособие последовательно знакомит магистрантов с базовыми понятиями общей экологии. Новизна работы заключается в акценте на развитие переводческих умений, связанных с анализом структуры предложения, умением перефразировать и выбирать разные способы выражения мысли.

Анализ научной литературы подтверждает, что основная задача при переводе терминов – передача смысла, а не дословный перевод.

В процессе работы над учебным пособием методом сплошной выборки был отобран тематический словарь по общей экологии из аутентичных источников. Отобранные термины можно отнести к следующим группам по области их функционирования: 1. Термины, используемые в различных науках (system – система). 2. Термины, содержащие общенаучную лексику с новым значением в профессиональном контексте (producers – продуценты, consumers – консументы). 3. Узкоспециальные термины (pollution-free fuel – экологически чистое топливо, fuel-conservative aircraft – летательный аппарат, не использующий топливо).

По словообразовательному принципу можно выделить следующие модели терминов: 1. Простые: emission – выброс загрязняющих веществ в атмосферу, solvent – растворитель. 2. Составные: eco-friendly – экологичный, не оказывающий неблагоприятного воздействия на среду, biodegradable – биоразлагаемый. 3. Аббревиатуры: AQS (air quality standard) – стандарт качества воздуха. 4. Термины-словосочетания: food chain – пищевая цепочка, alternative energy – альтернативная энергия.

Таким образом, обучение терминам целесообразно начинать, акцентируя внимание студентов на дополнительных специальных значениях общеупотребительной лексики. Далее словарный запас в профессиональной сфере обогащается за счет общенаучных и затем узкоспециальных терминов при постепенном овладении словообразовательными моделями.

Литература:

1. Begon, M., Townsend, C. R., Harper, J. L. Ecology. From Individuals to Ecosystems. Fourth edition. Blackwell Publishing, 2006. 759 p.

2. Collin, P.H. Dictionary of Environment & Ecology. Fifth edition. London: Bloomsbury, 2004. 263 p.

3. Doršner, K. Essentials of Environmental Science. CK-12 Foundation, 2016. 391 p.

4. Juniper, T. The Ecology Book. Penguin Random House, 2019. 354 p.

5. Miller, G. T. Jr., Spoolman, S.E. Essentials of Ecology. Fifth edition. Brooks/Cole. Cengage Learning, 2009. 383 p.

6. Гринев-Гриневич С.В. Терминоведение. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. - М.: Академия, 2008. - 304 с.

7. Пигарева, М. Н. Англо-русский терминологический словарь по экологии / М.Н. Пигарева. 2013. [Электронный ресурс] URL: http://bit.do/fP3kW (дата обращения: 20.01.2021).

The problem of environmental terminology translation (based on English textbook for Master's degree program in aviation institute)

Goyushova L.M., Chuksina O.V.

MAI, Moscow, Russia

The problem of translating terminological vocabulary is currently relevant, due to the fact that terms from different sciences are being borrowed, new terms appear and the question of the adequacy of their translation in a particular field of knowledge is raised. The purpose of our research is to analyze the terminological vocabulary in environmental science (based on the English textbook for Master's degree program) and the development of classifications of these terms by functional and structural features to solve the problems of their translation.

The textbook under consideration is made in the format of content-language integrated learning (CLIL) and is a joint work of a team of authors from different departments of the Moscow Aviation Institute. The attempt to combine teaching essentials of environmental science and English is an example of intra-university collaboration in the implementation of an interdisciplinary approach to teaching. In terms of content, the textbook consistently introduces undergraduates to the basic concepts of essentials of ecology. The novelty of the work lies in the emphasis on the development of translation skills associated with the analysis of the structure of the sentence, the ability to paraphrase and choose different ways of expressing thoughts.

Analysis of scientific literature confirms that the main task in translating terms is to convey meaning, and not literal translation.

In the process of working on the textbook, a thematic dictionary on essentials of ecology from authentic sources was selected by the method of continuous sampling. The selected terms can be attributed to the following groups according to the area of their functioning: 1. Terms used in various sciences (system, sustainable). 2. Terms containing general scientific vocabulary with a new meaning in a professional context (producers, consumers). 3. Highly specialized terms (fuel-efficient, fuel-conservative aircraft).

According to the word-formation principle, the following models of terms can be distinguished: 1. Simple: emission, solvent. 2. Composite: eco-friendly, biodegradable. 3. Abbreviations: AQS (air quality standard). 4. Terminological phrases: food chain, alternative energy.

Thus, it is advisable to start teaching terms by focusing students' attention on additional special meanings of common vocabulary. Further, vocabulary in the professional sphere is enriched at the expense of general scientific and then highly specialized terms with the gradual mastery of word-formation models.

Лидерство и управление человеческим потенциалом на предприятиях аэрокосмического комплекса

Губанова С.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Современный этап технологического развития, связанный с применением информационно-коммуникационных технологий на основе формирования цифровых вычислительных систем принципиально влияет на характер управления предприятием аэрокосмического комплекса. Успехи в технологическом развитии позволяют претендовать на лидерскую позицию в условиях глобализации 4.0. Цифровая трансформация в условиях четвертой промышленной революции в рамках реализации Национальной технологической инициативы позволяет предприятиям отрасли занять достойную нишу в международном разделении труда.

Возможность реализации глобальных инициатив во многом определяется развитием человеческого потенциала (ЧП). Ядром человеческого потенциала являются способности. Качество ЧП в максимальной степени зависит от задатков человека, которые могут быть развиты в харизму в процессе обучения и творческой деятельности. Управление человеческим потенциалом опирается на потребности личности в саморазвитии. Лидеры новой генерации – это не только хорошие организаторы, эффективно управляющие ресурсами и процессами, и вдохновители, способные убедительно донести до последователей новое видение и помочь продуктивно пройти этап изменений, но и преобразователи, позволяющие найти нестандартный подход к осуществлению перемен, раскрыть уникальность сотрудников и создать возможности для ее реализации.

Внедрение на всех организационных уровнях специальных программ самопознания, творческого развития и саморегуляции, основанных на современных знаниях в области нейрофизиологии и психологии, позволяет раскрыть потенциал сотрудников, освоить техники развития креативности и межполушарной синхронизации, улучшить психологическое состояние и самоорганизацию в процессе перемен. Такая работа способствует принципиальной настройке мозга на возможность осуществления творческих процессов и продуктивную деятельность.

В условиях цифровой трансформации преобразующее лидерство, опирающееся на научное знание, способствует повышению уровня сознательности сотрудников, степени согласованности личных и организационных целей, проявлению инициативы и лидерского поведения на всех организационных уровнях. Общие ценности и видение, высокая вовлеченность и квалификация, инициатива и творчество – ключевые факторы успеха преобразовательных процессов.

Опора на управление человеческим потенциалом и лидерство перемен могут стать основой высокой эффективности в условиях технологических преобразований на предприятиях аэрокосмического комплекса.

Leadership and management of human potential at the enterprises of the aerospace complex

Gubanova S.E.
MAI, Moscow, Russia

The current stage of technological development associated with the use of information and communication technologies based on the formation of digital computing systems fundamentally affects the nature of enterprise management of the aerospace complex. Successes in technological development make it possible to claim a leading position in the context of globalization 4.0. Digital transformation in the conditions of the fourth industrial revolution within the framework of the National Technology Initiative allows the industry to occupy a worthy niche in the international division of labor.

The possibility of implementing global initiatives is largely determined by the development of human potential (HP). The core of human potential is ability. The quality of HP highly depends on the person inclinations, which can be developed into charisma in the process of learning and creative activity. Management of human potential is based on the needs of the individual in self-development. Leaders of the new generation are not only good organizers, effectively managing resources and processes, and inspirers who can convincingly convey a new vision to followers and help them to productively pass the stage of change, but also converters who can create a non-standard approach to implementing changes, revealing the personal uniqueness in employees and creating opportunities for its implementation.

The introduction of special programs of self-knowledge, creative development and self-regulation at all organizational levels, programs based on modern knowledge in the field of neurophysiology and psychology, all these things allow you to unlock the employees potential, to learn the creativity development techniques and techniques of inter-hemisphere synchronization, to improve the psychological state and self-organization methods at the stage of change. Such work contributes to the fundamental brain adjustment to the creative process and productive activity.

In the context of digital transformation, "transformative leadership" based on scientific knowledge contributes to increasing the level of employees consciousness, the degree of consensus between personal and organizational goals, the possibility of taking the initiative and leadership behavior at all organizational levels. Shared values and vision, high engagement and qualifications, initiative and creativity, these are the major factors in the success of transformative processes.

The reliance on human potential management, on the leadership of change becomes the basis for high efficiency in the context of technological transformations at the enterprises of the aerospace complex.

Активизация инновационных процессов как основа развития аэрокосмической индустрии

Гуляев А.Г., Короленко В.В., Емцова И.И.
ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, Россия

В современных, динамично меняющихся внешних и внутренних условиях, для аэрокосмической отрасли все острее возникает вопрос о ее переходе на новаторский путь развития и более интенсивном применении высоких технологий. Ресурсный потенциал инновационной деятельности за последние годы имел предрасположенность к усилению негативных тенденций. Тем не менее, именно инновации становятся главным средством

становления российской индустрии и ее основных секторов экономики, стремящихся занять лидирующие позиции на мировом рынке.

Обеспечение инновационного становления является важным условием превращения аэрокосмической индустрии в одну из наиболее технически развитых секторов экономики. Использование инноваций связано с задачей верного их выбора. Сложность отбора для создания того или иного предлагаемого наукой и техникой решения заключается во многообразии возможного воздействия каждого из этих решений на положение отрасли на мировом рынке Актуальность трудности выбора объекта нововведения состоит в том, что верный первоначальный выбор предопределяет весь ход дальнейшей инновационной деятельности [1].

Главная роль в данном вопросе отводится инженерным кадрам и учёным в области прикладных научных исследований. Становление инновационной деятельности, находится в зависимости от множества факторов, среди которых следует отметить научный уровень работников, занятых в секторах экономики, особенно определяющих экономический подъем. Развитие инновационного предпринимательства зависит от уровня образования дееспособного населения, подготовки научных сотрудников, готовых не только предложить новаторские идеи, но и воплотить их в жизнь. Для наукоемких компаний важны работники, владеющие способностью выступать в роли генераторов идей, компетенциями, а также производственными способностями, которые дают возможность успешно проводить разработки и испытания новой техники [2].

Многие государства занимаются «переманиванием» высококвалифицированных научных сотрудников, что разрешает этим странам с наименьшими издержками и более быстрыми темпами развивать инновационное предпринимательство. Выживание всякой структуры, в том числе и инновационной, в условиях развития рыночной экономики в РФ самым непосредственным образом находится в зависимости от интеллектуальной активности ее персонала. Мощным стимулом ускорения разработки новой продукции и повышение эффективности производства считается собственная выгода. Превосходство рыночной системы заключается в ее способности активизировать деятельность людей, делая упор на право собственности.

Таким образом, создание действенной системы управления научными исследованиями путём координации работ научных и промышленных организаций, формирование постоянно обновляемого научно-технического задела для обеспечения прорыва по главным направлениям, создание научно-экспериментальных баз мирового уровня для проведения перспективных исследований, расширение роли РФ в международных научных исследованиях приведет аэрокосмическую отрасль на лидирующие позиции на мировом рынке.

Литература:

1. Пайсон Д.Б., Попова С.М. – Инновационное развитие ракетно-космической промышленности в России: вызовы и возможности // Исследования космоса.–2017.– № 1.– С.36-45. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=21536.

2. Беленький, А.Н. Развитие современной ракетно-космической отрасли: роль научно-технических инноваций // Молодой ученый. – 2016. – № 20 (124). – С. 124-127. – URL: https://moluch.ru/archive/124/34155.

Activation of innovation processes as a basis for the development of the aerospace industry

Gulyaev A.G., Korolenko V.V., Emtsova I.I.

Air Force Academy, Voronezh, Russia

In modern, dynamically changing external and internal conditions, the question of its transition to an innovative path of development and more intensive use of high technologies is becoming more acute for the aerospace industry. The resource potential of innovation activity in recent years has been predisposed to strengthening negative trends. Nevertheless, it is innovation that is becoming the main means of establishing the Russian industry and its main sectors of the economy, striving to take a leading position in the world market.

Ensuring innovative development is an important condition for the transformation of the aerospace industry into one of the most technically developed sectors of the economy. The use of innovations is connected with the task of choosing them correctly. The complexity of selection for the creation of a particular solution proposed by science and technology lies in the diversity of the possible impact of each of these solutions on the position of the industry on the world market The relevance of the difficulty of choosing the object of innovation lies in the fact that the correct initial choice determines the entire course of further innovation [1].

The main role in this issue is assigned to engineering personnel and scientists in the field of applied scientific research. The formation of innovative activity depends on many factors, among which it should be noted the scientific level of workers employed in economic sectors, especially determining the economic recovery. The development of innovative entrepreneurship depends on the level of education of the able-bodied population, the training of researchers who are ready not only to offer innovative ideas, but also to implement them. For high-tech companies, it is important to have employees who have the ability to act as generators of ideas, competencies, as well as production abilities that make it possible to successfully develop and test new equipment [2].

Many countries "poach" highly qualified researchers, which allows these countries to develop innovative entrepreneurship at the lowest cost and at a faster pace. The survival of any structure, including an innovative one, in the conditions of the development of a market economy in the Russian Federation depends most directly on the intellectual activity of its personnel. Self-benefit is considered a powerful incentive to accelerate the development of new products and increase production efficiency. The superiority of the market system lies in its ability to activate the activities of people, focusing on the right of ownership.

Thus, the creation of an effective research management system by coordinating the work of scientific and industrial organizations, the formation of a constantly updated scientific and technical reserve to ensure a breakthrough in the main areas, the creation of world-class scientific and experimental bases for advanced research, the expansion of the role of the Russian Federation in international scientific research will lead the aerospace industry to a leading position in the world market.

Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники для обеспечения конкурентных преимуществ программы ШФДМС

Гязова М.М., Добашина К.А.
МАИ, г. Москва, Россия

По прогнозу Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA) пассажиропоток в мировой гражданской авиации к 2030 году увеличится до 5,6 млрд. чел. [1], что повысит потребность в гражданских пассажирских воздушных судах, в том числе в широкофюзеляжных самолетах, спрос на которые по данным ОАК [2] составит 5,6 тыс. ед., в то время, как количество твердых заказов на широкофюзеляжные дальнемагистральные самолеты (ШФДМС) лишь на 28% покрывают прогнозируемый спрос [5]. В настоящее время основными производителями самолетов данного типа являются американский Boeing и европейский Airbus [4]. Чтобы удовлетворить прогнозируемый спрос на авиаперевозки и занять высокую долю на рынке поставки авиационной техники российско-китайская программа (проект) ШФДМС предусматривает все этапы жизненного цикла нового самолета CR929 с учетом обеспечения эффективного послепродажного технического обслуживания и ремонта (ТОиР), что и является объектом исследования.

Целью работы является выявление вопросов развития ТОиР авиационной техники, который в перспективе обеспечит ее конкурентоспособность и увеличение объемов продаж на мировом рынке за счет внедрения бизнес-моделей продажи CR929 с сопутствующими сервисными услугами. Для обеспечения высоких конкурентных преимуществ создаваемого нового самолета на российском и мировом рынке авиационной техники, разработчикам и производителям потребуется внедрение комплекса инновационных решений, направленных на снижение стоимости жизненного цикла самолета, в том числе за счет совершенствования системы его послепродажного клиентского сервиса. Техническое обслуживание и ремонт

является важным элементом сервисной системы, направленный на поддержание лет-ной годности, увеличение надежности, доступности, среднесуточного налета, себестоимости летного часа и безопасности полетов [3]. Этим определяется актуальность исследования вопросов совершенствования ТОиР авиационной техники, в том числе применительно к рассматриваемой программе создания ШФДМС CR929.Предметом исследования являются методы и средства обеспечения ресурсами воздушного судна на этапе эксплуатации, направленные на увеличение среднемесячного налета, и как следствие, увеличение спроса на CR929. В работе предложены три модели бизнеса: «классический» тип продажи авиационной техники, «Power-by-the-Hour» контракты оплаты за летный час и модель бизнеса авиаперевозок AirSharing. Рассмотрены особенности бизнес-моделей, взаимоотношения с поставщиками, необходимые ресурсы, преимущества, недостатки и риски для авиапроизводителя и эксплуатанта авиационной техники. Рассмотрена концепция повышения качества услуг ТОиР авиационной техники, по итогам которой были предложены пути совершенствования мероприятий, направленных на увеличение среднемесячного налета часов воз-душных судов.

Improving MRO systems of aircraft to ensure the competitive advantages of the LRWBCA programme

Gyazova M.M., Dobashina K.A.
MAI, Moscow, Russia

According to the forecast of the International Air Transport Association (IATA) passenger traffic in the world civil aviation will increase to 5.6 billion people by 2030. [1]. This will increase the need for civil passenger aircraft, including wide-body aircraft, the demand for which, according to the UAC [2] will be 5.6 thousand units, while the number of firm orders for Long-Range Wide-Body Civil Aircrafts (LRWBCA) covers only 28% of the projected demand [5]. Currently, the main producers of aircraft of this type are American Boeing and European Airbus [4]. The Russian-Chinese LRWBCA program (project) envisages all stages of the life cycle of the new CR929 aircraft, taking into account the provision of effective after-sales maintenance, repair, and operations (MRO) in order to meet the projected demand for air transportation and take a high share in the aviation equipment supply market, which is the object of the study. The purpose of the work is to identify issues of the development of MRO of aviation equipment, which in the future will ensure its competitiveness and increase sales on the world market through the introduction of business models for the sale of CR929 with related services. To ensure high competitive advantages of the new aircraft being created in the Russian and global aviation equipment market, developers and manufacturers will need to implement a set of innovative solutions aimed at reducing the cost of the aircraft's life cycle, including by improving its after-sales customer service system. Maintenance, repair, and operations is an important element of the service system aimed at maintaining airworthiness, increasing reliability, availability, aircraft utilization, cost per flight-hour and flight safety [3]. This determines the relevance of studying the issues of improving MRO of aviation equipment, including in relation to the considered program of the creation of SHFDMS CR929. The subject of the study are the methods and means of providing the resources of the aircraft at the stage of operation, aimed at increasing the average monthly flight time, and as a consequence, increasing the demand for CR929. Three business models are proposed in the paper: the "classic" type of aircraft sales, "Power-by-the-Hour" contracts for payment per flight hour and the AirSharing business model. The features of business models, relationships with suppliers, necessary resources, advantages, disadvantages and risks for an aircraft manufacturer and an aircraft operator are considered.The concept of improving the quality of MRO services for aviation equipment is considered, following which ways to improve measures aimed at increasing the average monthly flight hours of aircraft were proposed.

Проблемы управления полным жизненным циклом помодульно распределенных систем авиационной техники

[1]Давыдов А.Д., [2]Тихонов А.В.
[1]МАИ, [2]ВНИИРТ, г. Москва, Россия

Концепция "полных приведенных затрат", предложенная проф. С.А.Саркисяном [1], во многом определила современное понимание проблем управления полным жизненным циклом высокотехнологичных комплексов, в том числе систем авиационной техники (АТ). Эффективное разрешение данных проблем возможно при реализации систем на принципах унификации и модульного построения. В комплексе научно-исследовательских работ, выполненных на каф. 505 МАИ в последние годы, предложена концепция помодульного смешанного развития систем АТ, учитывающая преимущества и уязвимости унитарного и модульного развития систем [2].

Получил развитие комплекс практически значимых экономико-математических моделей полного жизненного цикла систем АТ – моделей создания, эксплуатации и развития помодульно распределенных систем АТ. Основу данного комплекса составляют модели эффективного целераспределения по критерию "стоимость операции" [1] в современной его интерпретации "стоимость-эффективность". В разработанных моделях с необходимостью учтены особенности инновационного, инвестиционного, инновационного и информационного потенциала разрабатывающих и серийных предприятий, эксплуатирующих организаций (4И-модель внутренней среды).

Системный синтез основных положений позволяет обосновать технико-экономическую эффективность концепции помодульно распределенных систем АТ.

На основе анализа результатов моделирования предложены методы управления проектами в интересах формирования ускоренного малоемкого по ресурсам и времени отклика на вызовы внешней среды.

Представленные разработки проводятся в интересах методической поддержки технико-экономического обоснования бизнес-проектов и формирования бизнес-процессов по созданию помодульно распределенных систем АТ под требования внешней среды.

Благодарности. Доклад подготовлен при финансовой поддержке РФФИ. Проект № 20-010-00428.

Литература:

1. Саркисян С.А., Минаев Э.С. Экономическая оценка летательных аппаратов. - Москва: Машиностроение, 1972. - 180 с.

2. Давыдов А.Д., Горелов Б.А., Тихонов А.В. Задачи управления развитием помодульно распределенных систем авиационной техники // Экономика высокотехнологичных производств, 2020 - № 1 (1) - С. 37-47.

Problems of managing the complete life cycle of modularly distributed aviation systems

[1]Davidov A.D., [2]Tikhonov A.V.
[1]MAI, [2]VNIIRT, Moscow, Russia

The concept of "total reduced costs", proposed by Prof. S.A. Sarkisyan [1], largely determined the modern understanding of the problems of managing the full life cycle of high-tech complexes, including aviation systems. Effective solution of these problems is possible with the implementation of systems based on the principles of unification and modular construction. In the complex of scientific researches carried out at kaf. 505 MAI in recent years, the concept of distributed and mixed development of aviation systems has been proposed. The concept takes into account the advantages and weaknesses of unitary and modular development [2].

The complex of practically significant economic and mathematical models of the full life cycle of aviation systems has been developed and includes models for the generation, exploitation and development of modularly distributed systems. The basis of this complex consists of models of effective target allocation according to the criterion "cost of operation" [1] in its modern interpretation "cost-effectiveness". The models take into account the features of innovation, investment, innovation

and information potential of developing, industrial and exploitation enterprises (4I-model of the internal environment).

The system synthesis of the main ideas allows us to substantiate the technical and economic efficiency of the concept of modularly distributed aviation systems.

Based on the analysis of modeling results, project management methods are proposed for the arrangement of an accelerated resource-intensive and time-consuming response from the external environment threats.

The research is carried out to provide methodological support for the technical and economic study of business projects and the formation of business processes for the creation of modularly distributed aviation systems to meet the requirements of the external environment.

Special thanks. The report was prepared with the financial support of the RFBR. Project No. 20-010-00428.

References:

1. Sarkisyan S.A., Minaev E.S. Economicheskaya ocenka letalelnykh apparatov [Economic estimation of aircraft]. Moscow: Mashinostroenie, 1972. (in Russian).

2. Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V. (2020) Zadachi upravleniya razvitiem pomodulno raspredelennyh sistem aviatsionnoy tekhniki [Objectives for managing the development of modularly distributed aviation systems]. Ekonomika vysokotekhnologichnyh proizvodstv. 1. (1). – 37-48. doi: 10.18334/evp.1.1.110965

Выбор способов реагирования сетевых проектных групп в ситуации действия кризисных факторов

Дадян К.Э.

МАИ, г. Москва, Россия

• Изменение внешней экономической ситуации, так или иначе не может не влиять на состояние организаций и инициирует их реакцию.

• Воздействие со стороны внешней среды может заключаться в действии нескольких факторов одновременно. При этом они могут относиться как к экономике, так и к другим областям.

• Виды, количество, сочетание и интенсивность действующих факторов может вызывать кризисное состояние экономики. Поэтому, условно можно назвать эти факторы кризисными.

• Действие кризисных факторов переводит многие компании в экстренный режим работы.

• Многие компании оказываются не готовы к воздействию кризисных факторов и их деятельность может быть существенно осложнена.

• Может возникать иллюзия возможности преодоления любых кризисных ситуаций на основе предыдущего успешного опыта. Такое убеждение ошибочно потому, что предыдущий опыт может быть никак не связан текущей ситуацией, а убежденность в правильной стратегии основывается только на амбициях топ-менеджмента.

• При воздействии кризисных факторов многие компании могут сократить масштаб своей деятельности, но почти никто не может отказаться от основных технологических операций, без выполнения которых, деятельность компании фактически прекращается.

• Особое значение имеет скорость выполнения каждой основной технологической операции и непрерывность их выполнения в технологической цепочке, так как, это определяет скорость реакции компании в период действия кризисных факторов.

• В условиях относительно стабильной экономики и условиях действия кризисных факторов к основным операциям предъявляются разные требования.

• В ситуации, когда востребована повышенная скорость реакции компании, речь может идти не о разнице в способах и скорости реагирования, а о разнице подходов или концепций реагирования на кризисные факторы.

Selection of ways for network project teams to respond in a crisis situation

Dadyan K.E.
MAI, Moscow, Russia

• Changes in the external economic situation, one way or another always affects the state of the organizations and initiates their reaction.

• The impact from the external environment may consist of several factors action simultaneously. At the same time, they may refer to the economy, as well as to other areas.

• The types, quantity, combination and intensity of the acting factors may cause a crisis state of the economy. Therefore, it is conditionally possible to call these factors as crisis factors.

• The action of crisis factors puts many companies into emergency operation mode.

• Many companies turn out to be unprepared for the influence of crisis factors and their activities may be considerably complicated.

• There can be an illusion that it is possible to overcome any crisis situation on the basis of previous successful experience. This belief is erroneous because the previous experience may have nothing to do with the current situation, and the conviction of the right strategy is based only on the ambitions of top management.

• When influenced by crisis factors, many companies can reduce the scale of their activities, but almost no one can give up main technological operations, without execution of which, the company's activity actually stops.

• Especial importance is the speed of each main technological operation and the continuity of their implementation in the technological chain, as this determines the speed of the company's reaction during the action of crisis factors.

• Under conditions of relatively stable economy and conditions of the action of crisis factors different requirements are imposed to the basic, main operations.

• In a situation where increase the company speed of reaction is critically important, it may be not a difference in the ways and speed of reaction, but a difference in concepts of reaction to the crisis factors.

Методы управления научно-техническим заделом в распределенных системах при разработке авиационной техники

Дианова Е.В., Горелов Б.А., Калошина М.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Под научно-технологическим заделом (НТЗ) следует понимать созданную за счет источников финансирования промышленного предприятия (собственных, заемных, привлеченных) совокупность результатов интеллектуального труда, относящихся к приоритетным направлениям создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники, в соответствии со следующими нормативными документами: «Перечень базовых и критических военных технологий на период до 2025 года», «Перечень приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2025 года». К приоритетным относятся направления развития распределенных систем создания авиационной техники, в том числе модульного типа, к которым относятся: разработка комплексов нетрадиционного вооружения, гиперзвуковых летательных аппаратов, систем связи и управления (9 базовых, 48 критических и 330 военных технологий).Формируемый промышленным предприятием НТЗ является базовым научным модулем для дальнейшего формировании технического задания и предложения при выполнении будущих ГОЗ, обеспечивает сокращение сроков выполнения работ, повышает качество и эффективность технико-технологических результатов. При управлении НТЗ предлагается применять принцип модульной консолидации результатов исследования при создании распределенных систем авиационной техники. При этом должны быть сформулированы целевые и функциональные особенности каждого полученного блока, представлены варианты комбинаторной синергии, в том числе с предстоящими НИОКР, унифицированы входы и выводы таких узлов в форме технико-технологических показателей, полученных в качестве

результата-модуля научно-технического задела и являющихся исходными данными для совместимого НИОКР, используя условия преемственности и стандартизации. Управление НТЗ основывается на следующих подходах, с учетом принципа модульности: методах правовой охраны уникальных модулей НТЗ, которые предполагают солидарные или субсидиарные права, действующие в распределенных системах при разработке авиационной техники; методах модульного использования НТЗ, которые предполагают: ротацию блочных результатов в нематериальные активы, основные средства, в самостоятельный модуль при выполнении новаций, доработку, а также комбинацию перечисленных вариантов.

Таким образом, в качестве объекта управления предлагается использовать модуль НТЗ распределенной системы при разработке авиационной техники.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Проект 20-010-00428.

Methods for managing scientific and technical groundwork in distributed systems in the development of aviation technology

Dianova E.V., Gorelov B.A., Kaloshina M.N.
MAI, Moscow, Russia

The scientific and technological groundwork (STG) should be understood as a set of results of intellectual work created at the expense of sources of financing of an industrial enterprise (own, borrowed, attracted, related to the priority areas of creating promising types of weapons, military and special equipment, in accordance with the following regulatory documents: "The list of basic and critical military technologies for the period up to 2025", "The list of priority areas of fundamental, predictive and exploratory research in the interests of ensuring the country's defense and state security for the period until 2025."Priority areas include the development of distributed systems for the creation of aviation technology, including a modular type, which include: the development of complexes of unconventional weapons, hypersonic aircraft, communication and control systems (9 basic, 48 critical and 330 military technologies. Formed by an industrial enterprise, STG is a basic scientific module for the further formation of technical specifications and proposals for the implementation of future state defense orders, provides a reduction in the time of work, increases the quality and efficiency of technical and technological results.When managing STG, it is proposed to apply the principle of modular consolidation of research results when creating distributed systems of aviation technology. At the same time, the target and functional features of each obtained block should be formulated, options for combinatorial synergy should be presented, including with the upcoming R&D, the inputs and outputs of such nodes in the form of technical and technological indicators obtained as a result-module of the scientific and technical reserve and being baseline data for compatible R&D, using conditions of continuity and standardization. Management of STG is based on the following approaches, taking into account the principle of modularity: methods of legal protection of unique STG modules, which imply joint or subsidiary rights operating in distributed systems in the development of aviation technology; methods of modular use of STG, which involve: rotation of block results into intangible assets, fixed assets, into an independent module when performing innovations, revision, as well as a combination of the listed options.

Thus, as a control object, it is proposed to use the STG module of a distributed system in the development of aviation technology.

The article was prepared with the financial support of the RFBR. Project 20-010-00428.

PR-деятельность в социальных сетях как механизм повышения конкурентоспособности пассажирских авиакомпаний

Дубинина Н.М., Бубнов В.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность темы объясняется необходимостью совершенствования методов конкурентной борьбы на рынке пассажирских авиаперевозок.

Цель исследования. Изучить механизм PR-деятельности в соцсетях пассажирских авиакомпаний с целью повышения конкурентоспособности.

Обзор литературы. Конкурентоспособность организации изучается многими авторами, например, С.В. Карповой, Е.В. Костроминой. Требуется подробное изучение влияния PR-деятельности в социальных сетях на конкурентоспособность пассажирских авиаперевозчиков.

Под конкурентоспособностью понимается комплекс качеств объекта, которые позволяют ему быть реализованным на рынке. PR-деятельность является механизмом формирования конкурентных преимуществ пассажирских авиафирм. К элементам этого механизма следует отнести своевременное и постоянное информирование клиентов о новостях организации, о программах стимулирования сбыта, общение с клиентами, позиционирование компании. Одно из средств, обеспечивающее работу данного механизма, – деятельность в социальных сетях.

Согласно докладу We are social в апреле 2021 года социальными сетями, как средством обмена информацией, пользовались 99 млн. россиян, что подчеркивает значение коммуникативной деятельности в Интернете.

Лидеры российского рынка пассажирских авиаперевозок активно используют социальные сети в конкурентной рыночной борьбе.

В соцсетях PR-специалисты Аэрофлота акцентируют внимание общественности на системе обеспечения безопасности пассажиров, в том числе на мероприятиях по снижению риска передачи инфекционных заболеваний, активно визуализируют результаты оказываемых услуг, рассказывают о достопримечательностях в регионах зоны пассажирских авиаперевозок. Сотрудники Аэрофлота своевременно отвечают на запросы пользователей социальных сетей. Материалы компании, которые представлены в различных социальных сетях, идентичны, но адаптированы под формат той или иной сети. В результате коммуникативной деятельности формируются конкурентные преимущества компании как крупной деловой компании, настроенной на решение проблем пассажиров.

Аналогичная работа ведется и авиакомпанией S7 Airlines. Её PR-служба в социальных сетях активно позиционирует S7 как доброжелательную фирму, которая открывает мир, наполненный красотой и любовью, показывает дорогу к счастью и дарит радость своим пассажирам.

Вывод. Общение с клиентами в социальных сетях позволяет авиакомпаниям сохранять в сознании пассажиров положительное позиционирование организации, повышая ее конкурентоспособность.

PR Activity in Social Media as Mechanism for Improving Competitiveness of Passenger Airlines

Dubinina N.M., Bubnov V.V.
MAI, Moscow, Russia

The rationale behind the research is the need to improve the methods of the competitive struggle in the air passenger market.

The aim of the research. To investigate the mechanism of PR activity in social media undertaken by passenger airlines for the purpose of improving their competitiveness.

Literature review. The competitiveness of an organisation is researched by many authors, e.g. S.V. Karpova, E.V. Kostromina. It is required to make a detailed study of the impact of PR activity in social media on the competitiveness of passenger airlines.

Competitiveness is understood to mean a set of the qualities of an object that make it marketable. PR activity is a mechanism for shaping the competitive advantages of passenger airline companies. This mechanism consists of the following elements: informing the company's clients of its news and incentive programmes on a timely and steady basis, communication with its clients and the company's positioning. One of the means making this mechanism functional is the activity in social media.

The April 2021 report by We Are Social showed that 99m Russians used social media to exchange information, which emphasises the significance of online communication activity.

The leaders of the Russian air passenger market make active use of social media in the competitive struggle on the market.

PR professionals of the Aeroflot company use social media to focus public attention on the passenger safety system and also on the efforts aimed at reducing the risk of infectious disease transmission, actively create visual representations of the results of the services provided and tell people about the sights in the regions within the zone of passenger air travel. Aeroflot employees respond to the requests of social media users on a timely basis. The material presented by the company in various social media is identical but adapted to the format of the particular social network. The communication activity shapes the competitive advantages of the company as a big business-minded company willing to solve its passengers' problems.

Similar work has been undertaken by S7 Airlines. Its PR service is actively positioning the company in social media as a well-disposed firm, which opens a world filled with beauty and love, shows the road to happiness and brings joy to its passengers.

Conclusion. Communication with their clients in social media makes it possible for airlines to preserve a positive image of them in their passengers' minds, which helps to improve their competitiveness.

Управление синергией рисков в авиационной отрасли

Дубинский М.О., Бурдина А.А., Мелик-Асланова Н.О.
МАИ, г. Москва, Россия

Экономическая безопасность предприятия рассматривается как комплексная характеристика эффективности функционирования, вектора развития с учётом стратегических ориентиров и системных рисков, опосредующих данные процессы. Изучены вопросы возникновения и оценки синергетического эффекта от взаимодействия направлений деятельности предприятий авиационной отрасли.

Однако для укрепления экономической безопасности, эффективного развития авиационного предприятия, с учётом стратегических ориентиров необходимо осуществлять мониторинг и оценку возможных внутренних и внешних угроз, разнообразных рисков, влияющих на аспекты деятельности и удержание интегрального риска в определенном интервале. Для взаимоисключения одиночных рисков и определения комплексного риска предлагается использовать модель оценки и управления синергией рисков, подразумевающая что отдельно взятые факторы рисков, оцененные по отдельности, имеют не такой критический эффект при реализации, как их совокупность вместе взятая.

С целью оценки и управления синергией рисков предлагается классифицировать факторы рисков в авиационной отрасли: финансово-экономические, материально-технологические, кадровые, коррупционные риски, риски информационной безопасности, репутационные, правовые. Оценить риск каждой из категорий, определить интервалы приемлемого уровня по компонентам интегрального риска, провести взаимоисключения рисков, менее влияющих на деятельность, оценить уровень комплексного показателя синергии рисков.

Предполагается использовать оценку и управление синергией рисков для того, чтобы иметь возможность проводить заблаговременно мероприятия, направленные на уменьшение и минимизации последствий при реализации негативных прогнозов и сценариев развития, формировать условия для стабильного функционирования и достижения целей предприятия, создавать предпосылки для осуществления более гибкой и чуткой системы управления, способной подстраиваться под изменения рынка и отрасли, то есть способствовать повышению экономической безопасности предприятий авиационной отрасли.

Литература:

1. Бригхем Ю., Эрхардт М. Финансовый менеджмент. Пер.с англ. Под ред. Дорофеева Е.А.. 10 изд.- ПИТЕР, 2009

2. Дафт Р.Л. Менеджмент. 6-е изд. - СПб: Питер, 2007.

3. Дубинский, М.О. Вопросы классификации рисков экономической безопасности предприятия / М.О. Дубинский, А.А. Бурдина // Журнал «Экономика и предпринимательство». – № 1 – 2021. – с. 59-62.

4. Трошин А.Н., Мазурина Т.Ю., Фомкина В.И. Финансы и кредит. Учебник. - М.: ИНФРА-М, 2009.

5. Трошин А.Н., Федорова Л.А. Моделирование устойчивости развития наукоёмких производств авиационного кластера. - М.: Изд-во МАИ, 2014. - 164 с.

Managing risk synergy in the aviation industry

Dubinskii M.O., Burdina A.A., Melik-Aslanova N.O.
MAI, Moscow, Russia

The economic security of an enterprise is considered as a complex characteristic of the efficiency of functioning, the vector of development, taking into account strategic guidelines and systemic risks mediating these processes. The issues of the emergence and evaluation of the synergetic effect from the interaction of the activities of enterprises of the aviation industry are studied.

However, in order to strengthen economic security, effective development of an aviation enterprise, taking into account strategic guidelines, it is necessary to monitor and assess possible internal and external threats, various risks affecting aspects of activity and retention of integral risk in a certain interval. For the mutual exclusion of single risks and the definition of complex risk, it is proposed to use a risk synergy assessment and management model, implying that individual risk factors assessed separately do not have such a critical effect on implementation as their totality taken together.

In order to assess and manage the synergy of risks, it is proposed to classify risk factors in the aviation industry: financial and economic, material and technological, personnel, corruption risks, information security risks, reputational, legal. To assess the risk of each of the categories, to determine the intervals of an acceptable level for the components of the integral risk, to exclude risks less affecting the activity, to assess the level of the complex indicator of risk synergy.

It is supposed to use risk synergy assessment and management in order to be able to carry out measures in advance aimed at reducing and minimizing the consequences of the implementation of negative forecasts and development scenarios, to create conditions for the stable functioning and achievement of the company's goals, to create prerequisites for a more flexible and responsive management system capable of adapting to market and industry changes, that is, to enhance the economic security of aviation industry enterprises.

Особенности использования систем управления корпоративным контентом на инновационных предприятиях

Ермакова О.В., Русакова А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Информационные технологии повсеместно используются для решения задач по организации информационного процесса в компаниях. Основная цель любой информационной системы состоит в том, чтобы эффективно решать задачи цифровой трансформации бизнеса. В их числе – перевод в электронный вид процессов, в которые вовлечено максимальное число сотрудников, а также улучшение уже автоматизированных операций с помощью новых технологических разработок, таких как интеллектуальные решения.

Одним из основных направлений развития информационных технологий являются СЭД/ECM системы (системы управления корпоративным контентом). СЭД/ECM системы используются для корректного решения задач оперативного и качественного формирования документов, контроля их исполнения, а также продуманной организации их хранения, поиска и использования.

Для любого инновационного предприятия вопросы управления бизнес-процессами, оптимизации обработки слабоструктурированных и неструктурированных данных, вопросы контроля информации имеют ключевое значение. Новое исследование компании IDC демонстрирует беспрецедентный рост информации в мире, только 0,4% которой анализируется. Количество информации растет и она все более критична для компаний. При правильном подходе к хранению и анализу корпоративной информации перед бизнесом могут раскрыться огромные возможности. Таким образом, целью работы является исследование особенностей использования ECM систем на инновационных предприятиях.

Внедрение современных ИТ-решений позволяет компаниям добиться высокой скорости принятия решений в компании; снижения трудозатрат вследствие уменьшения рутинных операций; повышения эффективности управления компанией за счет быстрых и удобных бизнес-процессов для сотрудников и клиентов; повышения конкурентоспособности компании на рынке.

Research of ECM systems usage features at innovative enterprises

Ermakova O.V., Ruakova A.S.
MAI, Moscow, Russia

Information technologies are widely used to solve problems of organizing the information process in companies. The main purpose of every IT-solution deployment is to solve the problem of a business digital transformation effectively. These include an automation of processes that involve the maximum number of employees, as well as an improvement of already automated operations with new technological developments such as artificial intelligence.

One of the main directions of information technology development are ECM systems. ECM systems are used for the solution of problems of a high-speed and high-quality formation of documents, a control of their execution and a well-considered organization of their storage, search and usage.

Business process management, optimization of processing semi-structured and unstructured data, information security are central to any innovative enterprise. New IDC research shows unprecedented growth of data volume in the world, only 0.4% of which is analyzed. The growing amount of information is increasingly critical for companies. Business can open up enormous opportunities with the right approach to storing and analyzing corporate data. Thus, the purpose of the work is to explore the features of using ECM systems at innovative enterprises.

Implementation of modern IT solutions allows companies to achieve high speed of decision making, a reduction in labor costs due to a number of routine operations decrease, increasing the efficiency of company management through fast and convenient business processes for employees and clients, increasing the company's market competitiveness.

Роль зарубежных представительств авиакомпаний в международной системе авиаперевозок

Ермилов В.О., Ермолаева Е.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время мировая гражданская авиация столкнулась с тяжелейшим экономическим кризисом, закрытие границ государств из-за распространения COVID-19 повлекло за собой практически полное приостановление авиасообщения между странами. Разрушительные воздействия кризиса сравнимы с 1991 годом, когда распад Советского Союза как государства привел к сокращению объемов перевозок примерно в 3,5 раза. По данным Росавиации отечественные авиакомпании в 2020 г. перевезли 69 244 544 пас., пассажирооборот составил 322 986 264 пасс.км., что на 54% и 47% меньше чем в 2019 г. В сложившихся экономических условиях отечественные авиакомпании пересматривают существующие бизнес-модели, внедряют новые сопутствующие услуги, осуществляют перекомпоновку воздушных судов и тотально сокращают издержки. Под оптимизацию затрат попадают многие направления производственной деятельности в том числе и структурные подразделения организации. К числу последних можно отнести заграничные представительства авиакомпании. Резкий экономический спад, увеличение количества сбойных ситуаций, существование перевозок в режиме неопределенности первыми ощутили на себе именно они. В период кризиса многие перевозчики закрыли представительства, некоторые существуют в режиме ожидания, малая часть работает в состоянии ограничения полетов. С учетом экономической ситуации вопрос существования института представительства становится острозлободневным и актуальным.

Такая проблематика требует глубокого и всестороннего анализа, так как с одной стороны многие низкобюджетные компании осуществляют свою операционную деятельность без

содержания представительств путем подписания стандартного соглашения о наземном обслуживании IATA с местной хэндлинговой компанией аэропорта, тем самым сокращают затраты на содержание подразделения и фонда оплаты труда штатных работников. С другой стороны, многие лидеры международного авиационного рынка имеют собственную разветвлённую сеть представительств, которая поддерживается и активно финансируется. Такие крупнейшие перевозчики как Turkish Airlines, British Airways, Emirates в период кризиса не закрыли свои представительства и не перевели их на аутсорсинг, эти авиакомпании заинтересованы иметь именно свои представительства по объективным производственным и экономическим причинам.

По мнению авторов, представительство является широкопрофильным и одновременно многофункциональным подразделением авиакомпании, решает ряд таких сложнейших задач как:

- Организация финансово-экономической деятельности.
- Представление и защита интересов авиакомпании в стране пребывания.
- Организация производственной и авиационной безопасности.
- Выполнение плана по выручке от продаж авиаперевозок.
- Организация коммерческого и технического обслуживания воздушного судна в аэропорту страны пребывания.
- Организация коммерческого обслуживания пассажиров в аэропорту.

Благодаря представительствам отечественные авиакомпании занимают устойчивые позиции на международном рынке, обеспечивают конкурентоспособность российского перевозчика, тем самым они занимают одну из ключевых ролей в системе международных авиаперевозок.

Литература:

1. Официальный сайт Федеральное Агентство Воздушного Транспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://favt.gov.ru/ (дата обращения: 01.10.2021).

2. Официальный сайт Международная Ассоциация Воздушного Транспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iata.org/ (дата обращения: 01.10.2021).

The role of foreign representative offices of airlines in the international air transportation system

Ermilov V.O., Ermolaeva E.N.

MAI, Moscow, Russia

Currently, the world civil aviation is faced with a severe economic crisis, the closure of state borders due to the spread of COVID-19 has led to an almost complete suspension of air traffic between the countries. The devastating effects of the crisis are comparable to 1991, when the collapse of the Soviet Union as a state led to a decrease in traffic volumes by about 3.5 times. According to the Federal Air Transport Agency, domestic airlines carried 69,244,544 passengers in 2020, the passenger turnover amounted to 322,986,264 passenger kilometers, which is 54% and 47% less than in 2019. In the current economic conditions, domestic airlines are revising their existing business models , introduce new related services, re-arrange aircraft and totally reduce costs. Many areas of production activity, including structural divisions of an organization, fall under cost optimization. The latter include the overseas representative offices of the airline. They were the first to feel the sharp economic downturn, the increase in the number of failures, and the existence of transportation in the mode of uncertainty. During the crisis, many carriers have closed their offices, some are in standby mode, a small part is operating in a state of flight restrictions. Taking into account the economic situation, the question of the existence of the institution of representation becomes acute and urgent.

Such a problem requires a deep and comprehensive analysis, since on the one hand, many low-cost companies carry out their operations without maintaining representative offices by signing a standard IATA ground handling agreement with the local airport handling company, thereby reducing the costs of maintaining the division and the salary fund of full-time employees. ... On the other hand, many leaders of the international aviation market have their own extensive network of representative

offices, which is supported and actively funded. Such major carriers as Turkish Airlines, British Airways, Emirates did not close their representative offices during the crisis and did not transfer them to outsourcing, these airlines are interested in having their own representative offices for objective production and economic reasons.

According to the authors, the representative office is a wide-profile and at the same time multifunctional division of the airline, solving a number of such complex tasks as:

- Organization of financial and economic activities.
- Representation and protection of the interests of the airline in the host country.
- Organization of industrial and aviation security.
- Fulfillment of the plan for revenue from sales of air transportation.
- Organization of commercial and maintenance of aircraft at the airport of the host country.
- Organization of commercial passenger services at the airport.

Through the representative offices, domestic airlines occupy stable positions in the international market, ensure the competitiveness of the Russian carrier, thereby occupying one of the key roles in the international air transportation system.

References:

1. Official site of the Federal Air Transport Agency [Electronic resource]. Access mode: https://favt.gov.ru/ (date of access: 01.10.2021).

2. Official site of the International Air Transport Association [Electronic resource]. Access mode: https://www.iata.org/ (date of access: 01.10.2021).

Менеджменту высоких технологий – объекториентированные компетенции

Еропкин А.М., Мезина Н.А., Зубеева Е.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Сегодня бакалавров и магистров в области менеджмента учат без привязки к областям деятельности. В аэрокосмической отрасли есть много компетенций, которые невозможно освоить без этого. Например:

- Экономическое обоснование проектов создания техники.
- Нормы обоснования затрат при проектировании и производстве техники.
- Проектирование трудовых процессов создания и производства техники.
- Оценка экономического ущерба от авиационных происшествий и другие.

Они требуют знаний конструкции и технологии производства. Так в авиастроении речь идет об основных знаниях в области самолетостроения, двигателестроения, авионики. Специалисты, которых двадцать лет назад выпускал инженерно-экономический факультет МАИ, отвечали таким требованиям и были «нарасхват» у предприятий. Введение подготовки бакалавров и магистров поставило крест на этих разработках. Объем «объектовой» подготовки составлял в учебном плане 1000 часов или один учебный год, который и был «изъят» при переходе к подготовке бакалавров.

Хорошо, что такого не произошло с подготовкой врачей и учителей. Трудно представить, что, только, придя после окончания медицинского вуза, на работу в больницу или поликлинику, начиналась бы специализация на терапию, хирургию или стоматологию, или только в школе учителя становились математиками, химиками и историками. А вот работников экономических и управленческих служб предприятий продолжают учить «вообще».

Проблема стала острой и требует решения. Необходимо вернуть пятилетнюю подготовку экономистов и менеджеров и начать стоит с аэрокосмической отрасли, как определяющей уровень научно-технического прогресса. И этот год надо отдать объектовой подготовке. Целесообразно шаг вперед – при разработке учебных планов ориентироваться на подотраслевое обучение отдельных групп студентов в области самолето или ракетостроения, двигателестроения, систем управления и радиоэлектронного оборудования. Подобный подход не только вернет престиж экономическому образованию, но и главное, позволит обеспечить соответствующие службы НИИ, КБ и предприятий специалистами достойного уровня.

High-tech management - object-oriented competencies

Eropkin A.M., Mezina N.A., Zubeeva E.V.
MAI, Moscow, Russia

Today, bachelors and masters in management are taught without reference to the fields of activity. There are many competencies in the aerospace industry that cannot be mastered without it. For example:

- Economic justification of engineering projects.
- Norms of cost justification in the design and production of equipment.
- Design of labor processes for the creation and production of equipment.
- Assessment of economic damage from aviation accidents and others.

They require knowledge of design and production technology. So in the aircraft industry, we are talking about basic knowledge in the field of aircraft construction, engine building, avionics. Specialists, who were graduated by the Faculty of Engineering and Economics of MAI twenty years ago, met such requirements and were "in great demand" from enterprises. The introduction of bachelor's and master's degree training put an end to these developments. The volume of "object" training in the curriculum was 1000 hours or one academic year, which was "withdrawn" during the transition to bachelor's training.

It is good that this did not happen with the training of doctors and teachers. It is hard to imagine that, only after graduating from medical school, to work in a hospital or polyclinic, specialization in therapy, surgery or dentistry would begin, or only at school teachers became mathematicians, chemists and historians. But employees of economic and management services of enterprises continue to be taught "in general".

The problem has become acute and needs to be solved. It is necessary to return the five-year training of economists and managers and start with the aerospace industry as determining the level of scientific and technological progress. And this year should be given to object training. It is advisable to take a step forward - when developing curricula, focus on the sub-sectoral training of individual groups of students in the field of aircraft or rocket engineering, engine building, control systems and electronic equipment. Such an approach will not only restore the prestige of economic education, but also, most importantly, will provide the relevant services of research institutes, design bureaus and enterprises with specialists of a decent level.

Особенности анкетирования студентов технических специальностей для создания индивидуальной траектории обучения профессионально-ориентированным иностранным языкам в МАИ

Журбенко Н.Л., Чалова О.А., Шейпак О.А., Балык Е.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Начиная работу с каждой новой группой студентов на всех этапах высшего образования, преподавателю иностранного языка следует собрать информацию о своих студентах для создания программы, которая учитывала бы индивидуальные характеристики студентов и обеспечивала бы, таким образом, эффективность образовательного процесса. На практике преподаватели опираются лишь на объективную информацию о студенте – оценка или аттестация предыдущего преподавателя, сертификаты об уровне владения иностранным языком, тестирование с целью определения уровня иностранного языка, психологические исследования для определения индивидуального стиля обучения студента. И как итог, в попытке получить объективную оценку, часто мнение самого студента о своих успехах и достижениях остаётся неучтённым. Обзор литературы показал, что в длинном списке параметров отсутствует самооценка студентами своих знаний, возможностей и пожеланий. Однако, формулируя цели обучения по предмету, сам студент чаще опирается на свои субъективные взгляды. Преподаватель же строит программу обучения и индивидуальную образовательную траекторию исходя лишь из объективной информации, не учитывая самооценку студента. Несовпадение взглядов на программу обучения и на индивидуальную траекторию обучения превращает процесс обучения в немотивированный и снижает его эффективность. Необходимость обоснованно учитывать самооценку студентов при разработке учебных программ и индивидуальных траекторий обучения обуславливает актуальность данного исследования.

В весеннем семестре 2020/21 учебного года на кафедре И14 была внедрена система использования индивидуальной траектории обучения профессионально-ориентированному языку. Результаты опытного обучения оказались противоречивыми: система была принята студентами первого курса магистратуры и аспирантуры, однако в рамках бакалавриата она не нашла поддержку у большинства студентов.

Наш коллектив решил разобраться в причинах сложившейся ситуации. В новом учебном году 2021/2022 мы начали работу с подробного сбора информации о наших новых студентах первого курса всех уровней обучения – бакалавры, магистры и аспиранты – в общей сложности более 300 студентов.

На первом этапе мы предложили студентам заполнить анкету, которая позволила собрать информацию, дающую субъективную оценку знаний студентов и их учебных перспектив.

На втором этапе мы решали вопрос объективной оценки уровня подготовленности студентов. Для этой цели мы использовали единственную существующую в мире систему оценки уровня подготовленности, принятую Европейским советом. Все существующие языковые экзамены интегрированы в предлагаемую шкалу, которая основывается не на знаниях грамматики и лексических единиц, а на оценке уровня сформированности языковых умений – чтения, аудирования, говорения и письма.

Результаты нашего исследования практически значимы и могут быть использованы преподавателями технических вузов, на факультетах, которые ведут подготовку специалистов, которые будут использовать иностранный язык как средство осуществления профессиональной деятельности, в рамках изучения профессионально-ориентированного иностранного языка с использованием индивидуальной траектории обучения.

Particularities of surveying students of technical specialization to create an individual path of teaching professionally-oriented foreign languages in Moscow Aviation Institute

Zhurbenko N.L. , Chalova O.A., Sheypak O.A., Balyk E.V.
MAI, Moscow, Russia

Starting work with students at all stages of higher education, a foreign language teacher should collect information about his students to create a program that would take into account the individual characteristics of students and thus ensure the effectiveness of the educational process. In practice, teachers rely only on objective information about the student – assessment or certification, certificates of proficiency in a foreign language, psychological research of learning styles of the student. As a result, often the student's own opinion about his successes and achievements remains unaccounted for. A review of the literature showed that in a long list of parameters there is no self-assessment by students of their knowledge, capabilities, and wishes. However, when formulating the goals of teaching on the subject, the student himself more often relies on his subjective views. The teacher builds a training program and an individual educational path based only on objective information, without taking into account the student's self-esteem. The discrepancy of views on the training program and on the individual learning path makes the learning process unmotivated and reduces its effectiveness. The need to reasonably take into account students' self-esteem when developing curricula and individual learning paths determines the relevance of this study.

In the spring term of the 2020/21 academic year, the I-14 department MAI introduced a system for using an individual path technology of teaching a professionally-oriented language. The results of the experimental training turned out to be contradictory: the system was adopted by first-year master's and postgraduate students, but within the framework of the bachelor's degree, it did not find support among the majority of students.

Nevertheless, the task of introducing a system using the trajectory of individual learning into the educational process has not been removed from the agenda, this system is still considered the most promising, which has already been proven in many universities of the Russian Federation.

Our team decided to look into the causes of the current situation. In the new academic year 2021/2022, we started working with a detailed collection of information about our new first-year students of all levels of study – bachelors, masters, and postgraduates – a total of more than 300 students.

At the first stage, we asked students to fill out a questionnaire that allowed us to collect information that gives a subjective assessment of students' knowledge and their educational prospects.

At the second stage, we solved the issue of an objective assessment of the level of preparedness of students. For this purpose, we used the only system of assessment of the level of preparedness in the world, adopted by the European Council. All existing language exams are integrated into the proposed scale, which is based not on the knowledge of grammar and lexical units, but on the assessment of the level of formation of language skills – reading, listening, speaking, and writing.

The results of our research are practically significant and can be used by teachers of technical universities, at faculties that train specialists who will use a foreign language as a means of carrying out professional activities, as part of the study of a professionally-oriented foreign language using an individual learning trajectory.

Обучение основам терминологии в авиационном вузе

Зайцева А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения отраслевых терминологий в целях формирования профессиональных компетенций студентов авиационных и технологических специальностей.

Объектом исследования выступает отраслевая терминология робототехники.

Предметом исследования является выявление системных связей в терминологии робототехники.

Цель исследования – разработка учебно-методических рекомендаций по обучению терминологии (на примере терминосистемы робототехники).

Теоретическую базу исследования составили научные и научно-практические исследования в области общей теории термина и отраслевых терминологий таких ученых, как: К.Я. Авербух, Л.М. Алексеева, А.С. Герд, Б.Н. Головин, С.В. Гринев-Гриневич, В.П. Даниленко, В.М. Лейчик и др.

Методами исследования стали метод анализа словарных дефиниций, метод анализа парадигматических связей и структурный метод.

Выводы. Обучение студентов основам терминологии способствует упорядочению их знаний в предметной области; мотивирует к изучению иностранного языка и исследовательской деятельности.

В условиях интернационализации высшего профессионального образования знание отраслевой национальной и международной терминологии, умение работать с лексикографическими источниками приобретают особую ценность для современного специалиста. С этой целью в рамках практического курса по иностранному языку могут решаться следующие задачи:

• Познакомить студентов с базовыми понятиями терминоведения, такими как «термин», «понятие», «дефиниция», «терминология», «терминосистема» и др.

• Познакомить студентов с лексикографическими источниками (терминологическими словарями и стандартами) по изучаемой предметной области.

• Построить таксономическое (гиперонимическое) древо изучаемой предметной области.

• Составить двуязычный терминологический минимум.

Следующим шагом в обучении терминологии может стать составление отраслевого двуязычного словаря-тезауруса.

Литература:

1. Авербух, К.Я. Общая теория термина / К.Я. Авербух. – М.: МГОУ, 2006. – 252 с.

2. Герд, А.С. Научно-техническая лексикография / А.С. Герд // Прикладное языкознание. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. – С. 287-307.

3. Головин, Б.Н. Лингвистические основы учения о терминах / Б.Н. Головин, Р.Ю. Кобрин. – М.: Высшая школа, 1987. – 104 с.

4. Гринев-Гриневич, С.В. Терминоведение / С.В. Гринев-Гриневич. – М.: Академия, 2008. – 304 с.

5. Даниленко, В.П. Русская терминология: Опыт лингвистического описания / В.П. Даниленко. – М.: Наука, 1977. – 246 с.
6. Зайцева, А.С. Современный профессиональный язык робототехники (на примере терминологического гнезда «робот») / А.С. Зайцева // Научный диалог. 2021. – № 5. – С. 9-114.
7. Лейчик, В.М. Терминоведение: предмет, методы, структура / В.М. Лейчик. – 2-е изд. – М.: УРСС, 2006. – 261 с.
8. Синелева, А.В. Языки для специальных целей в практике преподавания русского языка как иностранного / А.В. Синелева // Новые возможности в обучении русскому языку как иностранному и преподавании на русском языке: Сборник статей. 2020. – С.123-129.
9. Сложеникина, Ю.В. Об одном из приемов работы с термином в вузе / Ю. В. Сложеникина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Русский и иностранные языки и методика их преподавания. 2008. – № 1. – С. 16-21.
10. Шелов, С.Д. Терминологические поля и понятийная организация терминологии / С.Д. Шелов // Структурная и прикладная лингвистика. 2007. – № 7. – С. 211-232.

Teaching Terminology Basics at Aviation Institute

Zaitseva A.S.
MAI, Moscow, Russia

The topicality of research is conditioned by the need to study professional terminologies by the students of aviation and technological departments to achieve higher level of professional competence.

The object of research is the professional terminology of robotics.

The subject of research is the identification of intrasystemic connections in the terminological system of robotics.

The purpose of research is to develop methodological recommendations for terminology training using terminological system of robotics as an example.

The theoretical basis of research is formed by scientific and practical studies in the field of general terminology and professional terminologies made by the scientists K. Ya. Averbukh, L. M. Alekseeva, A. S. Gerd, B. N. Golovin, S. V. Grinev-Grinevich, V. P. Danilenko, V. M. Leichik and others.

Research methods: method of analysis of definitions, method of analysis of paradigmatic connections, structural method.

Conclusion. Training in terminology basics provides systematization of professional knowledge, motivates students to study foreign languages and do research.

In the context of globalization of higher professional education, the knowledge of professional national and international terminologies, the ability to work with lexicographic sources (terminological dictionaries and standards) are especially valuable for a modern specialist. To meet this challenge the following tasks can be solved during practical classes in foreign languages:

- To introduce basic concepts of terminology, such as “term”, “concept”, “definition”, “terminology”, “terminological system”.
- To introduce lexicographic sources (terminological dictionaries and standards) related to the field of study.
- To draw a taxonomic (hyperonymic) tree of the field of study.
- To develop a bilingual glossary of terms.

The next step in terminology training can be the development of a bilingual thesaurus of a professional area.

«Анализ экономической эффективности применения многоразовых возвращаемых аппаратов для транспортно-технического обслуживания орбитальных комплексов на низкой околоземной орбите»

Закатаев Н.С., Гязова М.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Задача повышения экономической эффективности транспортно-технического обслуживания (ТТО) орбитальных комплексов на низкой околоземной орбите (НОО) в настоящее время весьма актуальна. Применение для ТТО возвращаемых аппаратов типа «капсула» имеет ряд существенных недостатков: небольшая кратность (до 3 раз) использования, длительный интервал межполетного обслуживания, ограничения по полигонам посадки. В качестве альтернативы существующим элементам системы ТТО в работе рассматриваются возвращаемые аппараты класса «несущий корпус», которые обладают существенно лучшими возможностями по увеличению многоразовости применения (до 15 раз), сокращению интервала межполетного обслуживания, а также использования существующих взлетно-посадочных полос. Разработка перспективных возвращаемых космических аппаратов класса «несущий корпус» ведется в настоящее время в ряде стран. Например, в 2022 году ожидается начало эксплуатации многоразового возвращаемого аппарата класса «несущий корпус» - Dream Chaser, разработки американской компании Sierra Nevada Corporation [источник].

Для анализа и оценки экономической эффективности применения возвращаемых космических аппаратов используются открытые данные по объемам грузопотоков на рынке космических услуг за период 2000-2020 гг. с учетом массы доставляемых на орбиту и возвращаемых на землю полезных грузов, интервалам межполетного обслуживания, объемам в отсеках космического транспортного корабля для размещения полезных грузов, кратность использования ракетных блоков I ступени ракеты-носителя и другие.

Цель работы – проведение анализа и оценки экономической эффективности применения возвращаемых космических аппаратов с учетом заданных удельных технических характеристик на ранних этапах жизненного цикла, оптимальных параметров ракетно-космической системы (ракеты-носителя и полезной нагрузки (многоразового космического аппарата) для обеспечения ТТО орбитальных комплексов на НОО

"Analysis of the economic efficiency of the use of reusable return vehicles for transport and maintenance of orbital complexes in low Earth orbit"

Zakataev N.S., Gyazova M.M.
MAI, Moscow, Russia

The task of increasing the economic efficiency of transport and technical maintenance (TTO) of orbital complexes in low Earth orbit (LEO) is currently very relevant. The use of returnable capsule-type vehicles for TTO has a number of significant drawbacks: a small multiplicity (up to 3 times) of use, a long interval of inter-flight maintenance, restrictions on landing ranges. As an alternative to the existing elements of the TTO system, the paper considers returnable vehicles of the "carrier body" class, which have significantly better capabilities to increase the reusability of use (up to 15 times), reduce the interval of inter-flight maintenance, as well as the use of existing runways. The development of promising returnable spacecraft of the "carrier body" class is currently underway in a number of countries. For example, in 2022, it is expected to begin operation of a reusable returnable device of the "carrier body" class - Dream Chaser, developed by the American company Sierra Nevada Corporation [source].

To analyze and evaluate the economic efficiency of the use of returned spacecraft, open data are used on the volume of cargo flows in the space services market for the period 2000-2020, taking into account the mass of payloads delivered to orbit and returned to earth, inter-flight service intervals, volumes in the compartments of a space transport vehicle for the placement of payloads, the frequency of use of rocket blocks of the first stage of the launch vehicle, and others.

The purpose of the work is to analyze and evaluate the economic efficiency of the use of returned spacecraft, taking into account the specified specific technical characteristics at the early stages of

the life cycle, the optimal parameters of the rocket and space system (launch vehicle and payload (reusable spacecraft) to provide TTO of orbital complexes.

Программа по дисциплине «Иностранный язык в профессиональной деятельности» для подготовки магистров в МАИ как инструмент формирования межкультурной коммуникативной профессионально ориентированной компетенции

Захарова А.Н., Капустина Д.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность работы обусловлена тем, что пути формирования межкультурной коммуникативной профессионально ориентированной компетенции, являющиеся приоритетной задачей при подготовке магистров по программе дисциплины «Иностранный язык в профессиональной деятельности», должны быть предметом постоянного анализа и корректировки в современных условиях. В содержании программы для магистров в МАИ входит перечень взаимосвязанных и взаимозависимых компетенций, представленных в формате умений [3]. Новизна работы состоит в том, что авторы проследили влияние умений, знаний и навыков, отраженных в программе по дисциплине «Иностранный язык в профессиональной деятельности» на развитие межкультурной коммуникативной профессионально ориентированной компетенции магистров на практике.

Умение успешно общаться с представителями иноязычной культуры на иностранном языке, например, участие в международных конференциях, ведение диалогов на профессиональные темы, способствует развитию кадров высшей категории в аэрокосмической отрасли [2. С.175]. Кроме того в современной программе появились профессионально-трудовое и научно-образовательное направления. Выпускники магистратуры должны обладать психологической готовностью к профессиональной деятельности и исследовательским и критическим мышлением, мотивацией к научно-исследовательской деятельности.

Институтом иностранных языков МАИ создаются различные возможности для развития межкультурной коммуникативной профессионально ориентированной компетенции, в том числе, организуется участие магистров в конференциях на иностранном языке, что позволяет преподавателям иностранного языка активно использовать коммуникативные методы овладения знаниями [1.С.9].

Литература:

1. Власова С.В. Участие студентов инженерных специальностей Московского авиационного института в научных конференциях как способ совершенствования их навыков технического перевода//Мир науки. 2018. Т. 6. № 3. С. 9.

2. Коротаева И.Э. информационно-коммуникативная составляющая в программах обучения иностранному языку в нелингвистическом вузе//Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 68-2. С. 174-177.

3. Примерная программа по дисциплине «Иностранный язык» для подготовки магистров (неязыковые вузы). – М.: ФГБОУ ВПО МГЛУ, 2014. – 50с.

The program on the "Foreign language in professional activity" discipline for the preparation of masters at the MAI as a tool for the formation of intercultural communicative professionally oriented competence

Zakharova A.N., Kapustina D.M.
MAI, Moscow, Russia

The relevance of the work lies\is in the fact that the ways of forming an intercultural communicative professionally oriented competence, which are a priority task in the preparation of masters in the program of the "Foreign language in professional activity" discipline, should be the subject of constant analysis and adjustment in modern conditions. The content of the master's program at MAI includes a list of interrelated and interdependent competencies presented in the format of skills [3]. The novelty of the work is in the fact that the authors traced the influence of the skills, knowledge and skills reflected in the program on the "Foreign language in professional activity" discipline on

the development of intercultural communicative professionally oriented competence of masters in practice.

The ability to communicate successfully with representatives of a foreign language culture in a foreign language, for example, participation in international conferences, maintain dialogues on professional topics, contributes to the development of personnel of the highest category in the aerospace industry [2. p.175]. In addition, professional and labor and scientific and educational directions have appeared in the modern program. Graduates of the master's program should have a psychological readiness for professional activity and research and critical thinking, motivation for research activities.

The Institute of Foreign Languages of the MAI creates various opportunities for the development of intercultural communicative professionally oriented competence, including the participation of masters in conferences in a foreign language, which allows foreign language teachers to use communicative methods of mastering knowledge actively [1.P.9].

References:

1. Vlasova S.V. Uchastie studentov inzhenerny`x special`nostej Moskovskogo aviacionnogo instituta v nauchny`x konferenciyax kak sposob sovershenstvovaniya ix navy`kov texnicheskogo perevoda//Mir nauki. 2018. T. 6. № 3. S. 9.

2. Korotaeva I.E`. informacionno-kommunikativnaya sostavlyayushhaya v programmax obucheniya inostrannomu yazy`ku v nelingvisticheskom vuze//Problemy` sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. 2020. № 68-2. S. 174-177.

3. Primernaya programma po discipline «Inostranny`j yazy`k» dlya podgotovki magistrov (neyazy`kovy`e vuzy`). – M.: FGBOU VPO MGLU, 2014. – 50s.

Инструментарий прогнозирования в оперативном управлении производством

Захарова Л.Ф., Бодров Н.М., Черницын А.Е., Шакин А.Д., Глинкин Г.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Наиболее сложным в управления производством является наряду с перспективным оперативное управление, особенность которого состоит в высокой степени неопределенности ситуации вследствие разнообразия и форс-мажорного характера возможных возмущающих факторов, сопутствующих принятию оперативных решений, а также в отсутствии временного лага между прогнозом, принятием решения и фактическим его выполнением. В рамках внедрения проектов «Умная фабрика» на машиностроительных предприятиях России в настоящее время проводятся автоматизация и роботизация производственных участков, внедряются гибкие производственно-логистические системы, включающие автоматизацию процессов управления оперативного уровня [1;2]. Однако на большинстве предприятий машиностроительного комплекса серийного и единичного типов производства за рамками автоматизации остается формирование сменно-суточных заданий (ССЗ) и создание необходимой для этого прогностической информационной базы данных.

При функционировании системы оперативного управления в режиме реального времени необходимо осуществлять упреждающий прогноз появления вероятных возмущений и формировать оптимальные плановые задания исполнителям. Вследствие сложности адаптации и дороговизны программных продуктов их составление на многих единичных и серийных предприятиях не автоматизировано и осуществляется вручную. В этих условиях наилучшим вариантом для предприятий не массового типа производства, на наш взгляд, является использование математического аппарата, основанного на принципе нечеткой логики [3], программно-пакетная реализация которого будет являться компромиссом между очень дорогими интеллектуальными системами оперативного управления и существующей практикой формирования производственного плана на самом нижнем уровне управления в «ручном» режиме, особенно это актуально для условий единичного и серийного производств.

Правила нечеткой логики рассмотрены на реальном примере формирования ССЗ производственным рабочим механосборочного участка авиастроительного предприятия. Реализованные в программно-пакетном варианте они, значительно упрощая процесс формирования ССЗ, сократят время на его разработку, повысят степень обоснованности

производственных заданий на уровне непосредственных исполнителей, поднимут уровень культуры управления производством.

Практическое использование инструментов нечеткой логики в оперативном управлении не массовым производством, с одной стороны, не потребует сколь-нибудь значительных инвестиционных вложений, а, с другой, повысит эффективность управления.

Литература:

1. Бодров Н.М., Бахвалов Д.В. Совершенствование системы оперативного управления производством машиностроительного предприятия. – // Чернышевские чтения: материалы конференции (14-16 июля 2021г., г. Москва) – Москва: Издательство АО «ММП им. В.В. Чернышева», 2021г. с. 2-6. – ULR: www.avia500.ru.

2. Загидуллин Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Полная версия. Старый Оскол. Изд-во ТНТ. – 2020. – 416 с.

3. Назаров Д.М. Интеллектуальные системы: основы теории нечетких множеств, 2-е изд. Уч. пособие. М.: Юрайт, 2017.-799с.

Operational Forecasting Toolkit to Improve the Efficiency of Manufacturing Systems

Zakharova L.F., Bodrov N.M., Chernitsyn A.E., Shakin A.D., Glinkin G.W.
MAI, Moscow, Russia

The most difficult in production management is, along with promising operational management, the peculiarity of which is a high degree of uncertainty of the situation due to the diversity and force majeure nature of possible disturbing factors accompanying the adoption of operational decisions, as well as in the absence of a time lag between the forecast, decision-making and its actual execution. As part of the implementation of Smart Factory projects at machine-building enterprises in Russia, automation and robotization of production sites are currently being carried out, flexible production and logistics systems are being introduced, including the automation of control processes at the operational level [1; 2]. However, at most enterprises of the machine-building complex of serial and single types of production, the formation of shift-daily tasks (CVD) and the creation of the predictive information database necessary for this remain outside the scope of automation.

When the operational control system functions in real time, it is necessary to carry out a proactive forecast of the occurrence of probable disturbances and form the optimal planned tasks for the executors. Due to the complexity of adaptation and the high cost of software products, their compilation at many single and serial enterprises is not automated and is carried out manually. In these conditions, the best option for non-mass production enterprises, in our opinion, is the use of a mathematical apparatus based on the principle of fuzzy logic [3], the software-package implementation of which will be a compromise between very expensive intelligent operational control systems and the existing practice of forming production plan at the lowest level of control in the "manual" mode, this is especially true for the conditions of single-piece and batch production.

The rules of fuzzy logic are considered on a real example of the formation of a CVD by a production worker of a mechanical assembly section of an aircraft building enterprise. Implemented in a software-package version, they, significantly simplifying the process of forming a CVD, reduce the time for its development, increase the degree of validity of production tasks at the level of direct executors, and raise the level of production management culture.

The practical use of fuzzy logic tools in the operational management of non-mass production, on the one hand, will not require any significant investment, but, on the other hand, will increase the efficiency of management.

References:

1. Bodrov N.M., Bakhvalov D.V. Improvement of the system of operational management of the production of a machine-building enterprise. - // Chernyshevskie readings: conference materials (14-16 July 2021, Moscow) - Moscow: Publishing house of JSC “MMP im. V.V. Chernyshev ", 2021. with. 2-6. - ULR: www.avia500.ru.

2. Zagidullin RR Management of machine-building production with the help of MES, APS, ERP systems. Full version. Stary Oskol. Publishing house TNT. - 2020 .-- 416 p.

3. Nazarov D.M. Intelligent Systems: Foundations of the Theory of Fuzzy Sets, 2nd ed. Uch. allowance. M .: Yurayt, 2017.-799s.

Принципы построения экономико-математических моделей оценки эффективности создания технических систем по борьбе с космическим мусором

Землянская А.П., Калошина М.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Космическое пространство играет важную роль в жизни человека, а современная мировая экономика зависит от исследований в космосе и влияет на безопасность, здравоохранение, сельское хозяйство, инновационные исследования. Факторы, которые способствуют увеличению мусора в космическом пространстве, связаны с естественным распадом технических систем, воздействием радиации, столкновениями с искусственными и природными объектами на орбите, повреждениями, а также преднамеренным разрушением. Это процессы соответствуют синдрому Кесслера - значимая теория, которая предполагает, что обломки будут продолжать распадаться и сталкиваться друг с другом, создавая, таким образом, неуправляемое поле космического мусора, которое будет окружать Землю [1, 2]. Борьба с космическим мусором является актуальной проблемой.

Более 60 стран участвуют в различных уровнях космической деятельности, и ожидается, что это число будет неуклонно расти. Содружество Независимых Государств, Соединенные Штаты Америки и Китай несут ответственность за 93% всего орбитального мусора, который был образован в космическом пространстве. На основании существующей проблемы, был проведен анализ 350 искусственных спутников по следующим факторам: дата пуска, название космодрома, страна носитель, страна оператор, тип спутника, тип орбиты, описание спутника, технические характеристики и стоимость аппарата. Страны, которые являются производителями этих спутников: Япония, Соединенные Штаты Америки, Россия, Испания, Франция, Италия, Турция, Германия, Китай, Финляндия. Используемый тип орбиты - низкая околоземная орбита (НОО) — космическая орбита вокруг Земли, имеющая высоту над поверхностью планеты в диапазоне от 160 км (период обращения около 88 минут) до 2000 км (период около 127 минут), на НОО сосредоточена большая часть космического мусора. Технические характеристики искусственных спутников Земли (КА связи): среднее значение массы изделий в каталоге составляет 3298 (кг). Среднее значение стоимости в каталоге составляет 153 млн. долл. США. Лидирующую позицию по количеству представленных спутников занимают Соединенные Штаты Америки и Россия. Технические характеристики космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ): среднее значение массы изделий в каталоге составляет 1218 (кг). Среднее значение стоимости в каталоге составляет 153 млн. долл. США. Технические характеристики определяют стоимостные показатели аппаратов по борьбе с космическим мусором. Для построения экономико-математических моделей предлагается использовать многофакторные корреляционные функции линейного и мультипликативного типа, в которых в качестве аргументов выбираются наиболее значимые технические характеристики исследуемых спутников. Построение моделей осуществляется по анализируемой статистике, выведенных на орбиту космических спутников различного назначения

Литература:

1. Вениаминов С.С. 2013 Космический мусор как угроза человечеству (Москва: ИКИ РАН) стр. 89.

2. Фрейлехман С.2018 Методология топологической оптимизации - классификация типичных ошибок при проектировании силовых конструкций ракетно-космической техники. XLIII Академические чтения по космонавтике.1 298.

Principles of construction of economic and mathematical models for evaluating the effectiveness of creating technical systems to combat space debris

Zemlyanskaya A.P., Kaloshina M.N.
MAI, Moscow, Russia

Outer space plays an important role in human life, and the modern world economy depends on space research and affects security, healthcare, agriculture, and innovative research. Factors that contribute to the increase of debris in outer space are associated with the natural decay of technical systems, exposure to radiation, collisions with artificial and natural objects in orbit, damage, as well as intentional destruction. These processes correspond to the Kessler syndrome - a significant theory that assumes that debris will continue to disintegrate and collide with each other, thus creating an uncontrolled field of space debris that will surround the Earth [1, 2]. The fight against space debris is an urgent problem.

More than 60 countries are involved in various levels of space activities, and this number is expected to grow steadily. The Commonwealth of Independent States, the United States of America and China are responsible for 93% of all orbital debris that has been generated in outer space. Based on the existing problem, 350 artificial satellites were analyzed according to the following factors: launch date, cosmodrome name, carrier country, operator country, satellite type, orbit type, satellite description, technical characteristics and cost of the device. Countries that are manufacturers of these satellites: Japan, the United States of America, Russia, Spain, France, Italy, Turkey, Germany, China, Finland. The type of orbit used is low Earth orbit (LEO) - a space orbit around the Earth, having an altitude above the surface of the planet in the range of 160 km (orbital period of about 88 minutes) up to 2000 km (a period of about 127 minutes), most of the space debris is concentrated on LEO. Technical characteristics of artificial Earth satellites (communication spacecraft): the average weight of the products in the catalog is 3298 (kg). The average value in the catalog is $153 million. The leading position in terms of the number of satellites presented is occupied by the United States of America and Russia. Technical characteristics of Earth remote sensing spacecraft (remote sensing spacecraft): the average value of the mass of products in the catalog is 1218 (kg). The average value in the catalog is $153 million. Technical characteristics determine the cost indicators of space debris control devices. To construct economic and mathematical models, it is proposed to use multivariate correlation functions of linear and multiplicative type, in which the most significant technical characteristics of the studied satellites are selected as arguments. The models are built based on the analyzed statistics of space satellites launched into orbit for various purposes.

References:

1. Veniaminov S.S. 2013 Space debris as a threat to humanity (Moscow: ICI RAS) p. 89
2. Freilekhman S.2018 Methodology of topological optimization - classification of typical errors in the design of power structures of rocket and space technology. XLIII Academic readings on cosmonautics.1 298

Перспективы развития гражданских беспилотных летательных аппаратов

Зубеева Е.В., Мезина Н.А., Еропкин А.М., Ласточкина Е.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Разработка первых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) началась в 60-х годах 20 века. На сегодняшний день приходится признавать тот факт, что Россия в сфере производства беспилотных летательных аппаратов пока отстает от мировых стандартов.

Гражданские БПЛА достаточно новое направление, которое уже имеет конкретные перспективы. Главная из них –повышение безопасности и снижение рисков во время работы, упрощение некоторых задач. Уже не нужно будет выделять средства на летный и кабинный экипаж, будет достаточно оборудовать пункт управления. Оператор-пилот БПЛА сможет управлять не только одним аппаратом, а подряд брать контроль над несколькими.

Но появляются вопросы. Кто будет обучать данной профессии молодых людей, и как будет реализоваться проект по внедрению гражданских БПЛА?

На первый вопрос будет легко найти ответ. В ведущих вузах России уже давно существуют такие направления, как моделирование и информационные технологии проектирования

дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов или системы управления беспилотными летательными аппаратами. Студентов обучают проектированию, конструированию, моделированию и испытанию приборов и систем беспилотных летательных аппаратов. Всё начинает с малого. Сначала ребята работают с дронами, а после на производственной практике пробуют свои умения с настоящими беспилотниками.

Но стоит посмотреть на проблему стратегически. В настоящее время остро встал вопрос о дефиците лётного состава. Права беспилотная авиация скорее всего ещё не скоро решит эту проблему. Не стоит надеяться на будущее, а принимать эффективные решения по мере возникновения трудностей. Например, выводить на международный уровень размер заработной платы пилотов, или модернизировать, ускорять программу по подготовке лётного состава, сохраняя уровень подготовки по окончанию обучения.

Ещё одна проблема – это нехватка свободных участков земли в крупных мегаполисах. Появление аэротакси требует определённого места для посадки и советующего обслуживания. Наиболее логичный вариант – это площадки на крышах. Также по мере развития такие «быстрые такси» смогут садиться и в неподготовленных местах, самостоятельно оценивая пригодность для посадки. По мнению экспертов, такая разработка будет очень востребована на российском рынке. А если учитывать обширность территории нашей страны, то многие граждане будут очень рады такому нововведению.

После внедрения беспилотных технологий первые, кто воспользуются этим, – это сегменты «последней мили». Самое важное, что сократится срок доставки и увеличится её количество. Для перевозки пассажиров временно будут использоваться специальные площадки, а почтовые отделения получат доступ к скоростной передаче посылок. Первое время это будут премиум-услуги и продукты, где уровень обслуживания выше. А после полной окупаемости данного нововведения доставка и авиаперевозки станут дешевле и доступнее для широкой аудитории.

Российская компания «Ростелеком» уже разрабатывает систему наблюдения за лётным, наземным и водным транспортом и БПЛА. Будет создан опытный образец инфраструктуры, которая будет контролировать движение транспорта. Вместе с тем, большинство аппаратов еще находится в стадии разработки, а вопросы страхования пассажиров и грузов и нормативно-правового регулирования – в зачаточном состоянии.

Prospects for the development of civilian unmanned aerial vehicles

Zubeeva E.V., Mezina N.A., Eropkin A.M., Lastochkina E.A.
Moscow aviation Institute, Moscow, Russia

The development of the first unmanned aerial vehicles (UAVs) began in the 60s of the 20th century. Today we have to admit the fact that Russia is still lagging behind world standards in the production of unmanned aerial vehicles.

Civilian UAVs are a new direction that already has concrete prospects. The main thing is to increase security and reduce risks during work, simplify some tasks. It will no longer be necessary to allocate funds for flight and cabin crew, it will be enough to equip the control center. The operator-pilot of the UAV will be able to control not only one device, but take control of several in a row.

But there are questions. Who will train young people in this profession, and how will the project on the introduction of civilian UAVs be implemented?

It will be easy to find an answer to the first question. In the leading universities of Russia, there are already such areas as modeling and information technologies for designing remotely piloted aircraft or control systems for unmanned aerial vehicles. Students are trained in the design, construction, modeling and testing of devices and systems of unmanned aerial vehicles. First they will work with drones, and then they will try their skills with real drones in production practice.

But it's worth looking at the problem strategically. Currently, the issue of the shortage of flight personnel has become acute. However, unmanned aircraft will probably not solve this problem soon. Do not hope for the future, but make effective decisions as difficulties arise. For example, to bring the salary of pilots to the international level, or to modernize, accelerate the flight crew training program, while maintaining the level of training at the end of training.

Another problem is the lack of vacant plots of land in large metropolitan areas. The appearance of an air taxi requires a certain place for boarding and advising service. The most logical option is the platforms on the roofs. Also, as such "fast taxis" develop, they will be able to land in unprepared places, independently assessing their suitability for boarding. According to experts, such a development will be in great demand on the Russian market. And if we take into account the vastness of the territory of our country, then many citizens will be very happy with such an innovation.

After the introduction of unmanned technologies, the first to take advantage of this are the "last mile" segments. The most important thing is that the delivery time will be reduced and its quantity will increase. Special platforms will be temporarily used for the transportation of passengers, and post offices will have access to high-speed parcel transfer. At first, it will be premium services and products where the level of service is higher. And after the full payback of this innovation, delivery and air transportation will become cheaper and more accessible to a wide audience.

The Russian company Rostelecom is already developing a system for monitoring flight, ground and water transport and UAVs. A prototype infrastructure will be created that will control traffic. At the same time, most of the devices are still under development, and the issues of passenger and cargo insurance and regulatory regulation are in their infancy.

Исследование проблем внедрения концепции PLM на предприятиях – участниках жизненного цикла авиационной техники

Зуева Т.И., Фокин А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Управление жизненным циклом создаваемого изделия является важнейшей частью стратегии развития любого предприятия в условиях конкурентного взаимодействия и ограниченности ресурсов, так как прогнозируемое наступление определенной стадии жизненного цик¬ла позволяет предприятию с одной стороны, стабильно развиваться, а с другой стороны – гибко и своевременно реагировать на динамично меняющиеся тенденции и запросы внешней среды путем варьирования времени появления и длительности пребывания готового изделия на рынке. В настоящее время реализация данной стратегии осуществляется в условиях цифровизации экономики и рассматривается как элемент ИТ – структуры предприятий, реализующих инновационные, в том числе, авиационные проекты, при этом реализация данной стратегии связана с внедрением концепции управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management, PLM) на вех этапах жизненного цикла создаваемых изделий и на всех предприятиях – участниках жизненного цикла создаваемого продукта.

В связи с неустойчивостью функционирования большинства предприятий по ряду причин на протяжении многих лет, задача внедрения рассматриваемой концепции наталкивается на спектр не решенных до настоящего времени проблем, без исследования и преодоления которых внедрение не даст нужного результата, обеспечивающего стабильное развитие предприятий и эффективное управление проектами. На сегодняшний день на предприятиях не уделяется достаточного внимания процедурам управления рисками на всех этапах цифровой трансформации. Поэтому грамотная организация идентификации, оценки, предупреждения рисков и управления ими в процессе принятия комплексных решений относительно цифровой трансформации предприятий является актуальной задачей в настоящее время.

Представляемое исследование направлено на выявление проблем внедрения PLM – концепции на авиационных предприятиях, с учетом специфики их функционирования и современного состояния среды, идентификацию рисков внедрения концепции и разработку мероприятий по управлению рисками, для достижения заданной эффективности процессов цифровизации на предприятиях-участниках жизненного цикла авиационной техники. В работе предложен комплекс методов и инструментов управления, идентифицированы, оценены основные риски внедрения концепции PLM, разработаны мероприятия по управлению рисками, а также предложена логическая схема принятия решений по внедрению указанной концепции с учетом рисков.

Результаты исследования позволят с большей эффективностью реализовать стратегическую задачу текущего дня – создание в авиационной отрасли, на базе имеющихся, цифровых предприятий, управляемых, в том числе, искусственным интеллектом, основу которых будет составлять интеграция ERP и PLM – систем.

Список литературы

1. Фролов В.Г., Трофимов О.В., Мартынова Т.С. Формирование механизма развития промышленного предприятия в условиях цифровизации // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – № 8. – с. 2243-2262.

2. Бутрова Е.В. Особенности антикризисного управления предприятием в условиях цифровизации // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – № 3. – с. 579-590.

The study on the problems of the PCM concept implementation in the enterprises participating in the lifecycle of aviation products

Zueva T.I., Fokin A.A.

MAI, Moscow, Russia

The product lifecycle management is a vital part of the development strategy for every enterprise being under the conditions of competitive interactions and resource limitation. The predicted onset of a certain stage of the lifecycle allows the stable development of the enterprise as well as the flexible and dynamic reaction of the enterprise management on the tendencies of requests of the external environment that are in a dynamic change; via varying both the scheduling and the length of the presence of the product on the free market. Nowadays, the realization time of the present strategy is being counted in the conditions of the digital transformation of economics and being studied as an element of IT structure of the enterprises. Mentioned enterprises are focused on the innovative projects, including the aviation. The realization of the present strategy is bonded with the implementation of the Product Lifecycle Management (PLM) concept. This concept is being applied simultaneously for the all stages of the lifecycle of the product and for all enterprises that participate in the lifecycle of the product.

Due to the instability of the functioning of most enterprises for a number of reasons over the years, the task of implementation of the considering concept encounters a range of problems that have not been solved so far. Without research and overcoming of them, the implementation will not give the desired result, ensuring the stable development of enterprises and effective project management. To date, enterprises have not paid sufficient attention to risk management procedures at all stages of digital transformation.

This study is focused on the revealing of problems during the implementation of the PCM concept in the aviation enterprises taking into account the specifics of their functioning and the current state of the environment. Another goal is the identification of risks of concept implementation and development of risk management measures in focus to achieve the specified efficiency of digitalization processes in the enterprises participating in the lifecycle of aviation products. We suggested the complex of methods and instruments for the effective risk management and also identified and estimated the main risks of the implementation of the PCM concept. We also present a logical decision-making scheme for the implementation of the specified concept that takes into account the risks.

The results of the study will make possible to more effectively implement the creation in the aviation industry, on the basis of existing digital enterprises, that are controlled also by artificial intelligence. The basis of this solution is the integration of ERP and PLM systems.

References:

1. Frolov V.G., Trofimov O.V., Martynova T.S. Formation of the mechanism of industrial enterprise development in the conditions of digitalization // Economics, entrepreneurship and Law. - 2020. - No. 8. - pp. 2243-2262.

2. Butrova E.V. Features of anti-crisis enterprise management in the conditions of digitalization // Economics, entrepreneurship and law. – 2021. – No. 3. – c. 579-590.

CALS- технологии в управлении жизненным циклом модульных высокотехнологичных комплексов

Исаев Н.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Управление жизненным циклом товара является важнейшей частью стратегии развития любого предприятия в условиях конкурентного взаимодействия и ограниченности ресурсов. В настоящий момент накоплен существенный научно-технический задел в области исследования концепции жизненного цикла модульных высокотехнологичных комплексов (ВТК). Основным трендом и элементом управления жизненным циклом изделия в авиа-, ракето- и автомобилестроении является цифровизация всех процессов и этапов. Это реализуется благодаря реализуются в т. ч. благодаря системе CALS (Continuous Acquisitionand Life Cycle Support) – непрерывной информационной поддержке ЖЦ продукции.

Практически установлено, что благодаря элементам системы CALS (CAE, CAD, САПР, SCM, ERP, SCADA, АСУП, ИЭТР и др.) затраты на этапе формирования ТЗ и НИОКР снижаются на 17-20%, на этапе разработки процессов производства, испытаний и сертификации – на 25-30%, на этапе производства и эксплуатации – на 42-50%, на этапе ППО и утилизации – на 4-10%.

Преимущества единого информационного пространства как основы CALS-технологий:

• Данные стандартизированы, корректны, доступны и наглядны.

• Возможность постоянного пополнения базы, что делает ее актуальной.

• Информация не дублируется, следовательно – минимизация ошибок.

CALS обеспечивает непрерывное взаимодействие заказчика, разработчика и исполнителя в процессах проектирования, производства, эксплуатации и модернизации ВТК, а также снижает издержки в таких процессах, как ТОиР, создание пула запасных частей частями итд.

Таким образом, применение CALS при создании модульных ВТК позволяет более полно раскрыть их технико-экономический потенциал, непосредственно влияет на конкурентоспособность как продукции, так и предприятия в целом, и позволяет осуществить кооперацию комплектующих, а также этапов и процессов разработки, производства и эксплуатации, снизить бумажный документооборот, снизить себестоимость продукции и сократить время создания и модернизации продукта.

Литература:

1. Клочков В.В. Cals-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. – М.: Альфа-инфо, 2008.

2. Саркисян С.А., Минаев Э.С., Экономическая оценка летательных аппаратов / - М. : Машиностроение, 1972. - 180 с

CALS- technologies in life cycle management of modular high-tech complex

Isaev N.A.
MAI, Moscow, Russia

Product lifecycle management is an essential part of the development strategy of any enterprise in the context of competitive interaction and limited resources. At the moment, a significant scientific and technical groundwork has been accumulated in the field of researching the concept of the life cycle of modular high-tech complexes. The main trend and element of product lifecycle management in aircraft, rocket and automotive industries is digitalization of all processes and stages. This is realized thanks to the implementation, including thanks to the CALS system.

It has been practically established that thanks to the elements of the CALS system (CAE, CAD, SCM, ERP, SCADA, etc.), the costs at the stage of formation of technical specifications and R&D are reduced by 17-20%, at the stage of development of production processes, testing and certification - by 25-30%, at the stage of production and operation - by 42-50%, at the stage of service and disposal - by 4-10%.

Advantages of a single information space as the basis for CALS technologies:

• Data is standardized, correct, accessible and visual.

• Possibility of constant replenishment of the database, which makes it relevant.

• Information is not duplicated, therefore – minimization of errors.

CALC ensures continuous interaction of the customer, developer and contractor in the processes of design, production, operation and modernization of the high-tech complex, and also reduces costs in such processes as MRO, creation of a pool of spare parts, etc.

Thus, the use of CALS directly affects the competitiveness of both products and the enterprise as a whole, and allows for the cooperation of components, as well as stages and processes of development, production and operation, reduce paper document flow, reduce the cost of production and reduce the time of creation and modernization of the product.

Значение систем энергоменеджмента для предприятий авиастроительного комплекса

Кабанов А.С., Сорокин А.Е., Дайнов М.И., Галкина Е.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Сегодня в условиях постоянно увеличивающегося загрязнения окружающей природной среды, становится очевидной необходимость перестройки мировой экономики. Одной из серьезных проблем современности – потепление климата, вызывающее целый ряд негативных последствий: разрушение экосистем, засухи, увеличение масштабов природных бедствий, снижение биоразнообразия, рост заболеваемости населения, все это является причиной значительных финансовых потерь для регионов и государств. Борьба с потеплением климата, являющегося последствием увеличения содержания углекислого газа в атмосфере – одна из приоритетных целей устойчивого развития общества.

Государства смогут выполнить обязательства по снижению углеродной нагрузки на окружающую природную среду только при условии эффективного решения этой задачи на предприятиях страны. В России энергоемкость производства значительно выше, чем в европейских странах. Наиболее энергоемкими являются: электроэнергетика – 23%, обрабатывающая промышленность – 22%, жилищно-коммунальное хозяйство – 16%, транспорт – 16%. Следовательно, проекты, направленные на снижение энергопотребления на промышленных предприятиях обрабатывающего сектора, на сегодня весьма актуальны.

Эффективным инструментом снижения энергопотребления, является широкое внедрение рекомендаций стандарта ISO 50001:2018 Energy management systems – Requirements with guidance for use. В процессе его внедрения предприятию следует проанализировать энергопотребление, выявить направления наибольшего расхода энергии, их причины, разработать мероприятия, направленные на экономию электроэнергии, оценить потенциал этих мероприятий и требуемое финансирование, выбрать наиболее эффективные мероприятия. Внедрение систем энергоменеджмента позволит не только уменьшить энергопотребление, но и уменьшить выбросы в окружающую среду, платежи за загрязнение и снизить себестоимость продукции.

На сегодня, крупные инвесторы в России и за рубежом принимают обязательства о приоритетном финансировании проектов, способствующих достижению целей устойчивого развития и уменьшению парникового эффекта. Предприятия авиастроительного комплекса, реализовывая проекты, направленные на снижение выбросов углекислого газа, смогут продемонстрировать ответственную деловую практику в интересах устойчивого развития, получить более выгодные условия при получении кредитов и повысить свой престиж на международном рынке, что также явится дополнительным фактором маркетинга продукции компании на международном рынке.

Литература:

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации, М.: 2020.

2. ISO 50001:2018 Energy management systems — Requirements with guidance for use. ISO, Geneva: 2018.

The importance of energy management systems for the enterprises of the aircraft building complex

Kabanov A.S., Sorokin A.E., Dainov M.I., Galkina E.E.
MAI, Moscow, Russia

Today, in the conditions of constantly increasing pollution of the environment, the need to restructure the world economy becomes obvious. One of the serious problems of our time is climate warming, which causes a number of negative consequences: the destruction of ecosystems, droughts, an increase in the scale of natural disasters, a decrease in biodiversity, an increase in the incidence of the population, all this is the cause of significant financial losses for regions and states. The fight against warming climate, which is a consequence of the increase in carbon dioxide in the atmosphere, is one of the priority goals of sustainable development of society.

States will be able to fulfill their obligations to reduce the carbon load on the natural environment only if this task is effectively addressed at the country's enterprises. In Russia, the energy intensity of production is much higher than in European countries. The most energy-intensive are: electricenergy – 23%, manufacturing – 22%, housing and communal services – 16%, transport – 16%. Consequently, projects aimed at reducing energy consumption at industrial enterprises of the manufacturing sector are very relevant today.

An effective tool for reducing energy consumption is the widespread implementation of the recommendations of ISO 50001: 2018 Energy management systems – Requirements with guidance for use. In the process of its implementation, the enterprise should analyze energy consumption, identify the directions of the highest energy consumption, their causes, develop measures aimed at saving electricity, assess the potential of these measures and the required financing, choose the most effective measures It's not a fact that there is a need for a result The introduction of energy management systems will not only reduce energy consumption, but also reduce emissions into the environment, payments for pollution and reduce the cost of production.

Today, large investors in Russia and abroad are committing to priority financing of projects that contribute to the achievement of sustainable development goals and reduce the greenhouse effect. Enterprises of the aircraft construction complex, implementing projects aimed at reducing carbon dioxide emissions, will be able to demonstrate responsible business practices in the interests of sustainable development, get more favorable conditions when obtaining loans and increase their prestige in the international market, which will also be an additional factor in marketing the company's products in the international market.

References:

1. State report on the state of energy saving and energy efficiency in the Russian Federation, Moscow: 2020.

2. ISO 50001:2018 Energy Management Systems – Requirements with guidelines for use. ISO, Geneva: 2018.

Актуализация методики оценки стоимости лётного часа при обосновании перспектив рынка гражданских беспилотных летательных аппаратов

Калиненко А.С.
ООО «РАНАВИА», г. Москва, Россия

В современном авиастроении чётко прослеживается интерес к разработке беспилотных летательных аппаратов (БЛА) различного назначения. Часто первым реципиентом инноваций в этой сфере (из-за необходимости инвестирования больших объёмов денежных средств и труда) становятся вооружённые силы. Однако гражданская авиация не собирается отставать, и сегодня рынок БЛА гражданского назначения является быстрорастущим, инновационным и конкурентным.

Применение БЛА для гражданских нужд уже найдено в таких сферах, как аэрофотосъёмка, кино- и фотосъёмка, инспекция объектов промышленности (в т.ч. нефтегазовая промышленность и строительство), ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, а также беспилотная доставка грузов (преимущественно, т.н. доставка «последней мили») – последняя также находит применение в ряде стран: США, Канада, Германия и Китай. Стоит отметить,

что, в основном, применение БЛА в этих сферах на данный момент можно охарактеризовать, как пилотное/ограниченное/опытное/штучное.

В силу высокой конкуренции технологичных компаний вопрос ценообразования на продукцию БЛА, включающую непосредственно беспилотное воздушное судно (БВС), а также запасные части и услуги ТОиР, стоит очень остро. Маркетинговое исследование рынка БЛА и сопутствующих услуг позволяет утверждать, что полноценный комплекс, обеспечивающий жизненный цикл (ЖЦ) БВС находится в стадии зарождения. Ситуацию осложняет отсутствующая или только зарождающаяся законодательная база по сертификации, которая, впрочем, очевидным образом базируется на соответствующем законодательстве «большой» пилотируемой авиации. Тем не менее, рынок БЛА начинает понимать, насколько понятия сертификации и лётной годности (ЛГ) важны, а вместе с этим и приходит понимание о стоимости содержания БЛА (парка БЛА), т.е. стоимости жизненного цикла и вытекающей из неё стоимости лётного часа, как показателя, который наиболее чётко отражает конкурентоспособность этого вида авиационной продукции.

В докладе рассматривается:

1. Особенности рынка БЛА, а также сопутствующих сервисов и услуг; выявлены основные группы компетенций, требующиеся рынку, особенности организации бизнес-процессов;

2. Возможность адаптации существующих методик оценки стоимости ЖЦ для целей рынка БЛА; выявлено, что стоимость ЖЦ БЛА должна базироваться на конкретном кейсе применения (аэрофотосъёмка, инспекция объектов промышленности, доставка грузов);

3. Предложения по модификации методики оценки стоимости ЖЦ БЛА, позволяющей оценивать проект во времени для целей инвестиционного проектирования; обоснована необходимость подобной модификации; разработаны требования к входным и выходным данным модели.

Литература:

1. Alan Hobbs, Stan Herwitz Maintenance Challenges of Small Unmanned Aircraft Systems - A Human Factors Perspective. Federal Aviation Administration (FAA) Human Factors Research and Engineering Division and National Aeronautics and Space Administration (NASA) Aeronautical Safety and Human Factors;

2. Kay O. Plötner, Mara Cole, Mirko Hornung, Askin T. Isikveren, Deutschland Philipp Wesseler, Christian Essling Influence of aircraft parameters on aircraft market price // ifo Institute;

3. Краев В.М., Силуянова М.В., Тихонов А.И. Подходы к разработке моделей жизненного цикла отечественной авиационной техники // Московский экономический журнал. - 2019;

4. Саркисян С.А., Минаев Э.С. Экономическая оценка летательных аппаратов - М.: Машиностроение, 1972.

5. Giovanni, S., 2019. Aircraft maintenance organization management. Школа сервиса МАИ.

Aircraft flight-hour cost evaluation method actualization due to proof of market prospects of commercial unmanned aircrafts

Kalinenko A.S.

RunAvia, Moscow, Russia

Today an interest of both countries and corporations to unmanned aircraft vehicles (UAVs) development is being clearly seen. As usual military forces are the first one to accept UAVs due to high demand of invests, labor and longitudinal R&Ds. The best examples of this are american

MQ-1 Predator and MQ-9 Reaper, turkish Bayraktar TB2 and now developing russian C-70 «Okhotnik» (or «Hunter»). Nevertheless, commercial aircraft industry is not going to leave this market and its segment is now rapidly growing, innovative and extremely competitve.

The application of UAVs for civil purposes has already been found in spheres of aerial photography, cinema and photo shooting, industrial inspections (e.g. oil and gas industry, building), emergency response and parcel delivery (so-called «last mile») which is being operated in USA, Canada, Germany and China. One should be noticed that these applications are limited and/or experimental at this moment.

Due to existing competition level on the UAV market (incl. both UAV itself and its spare parts) the question of pricing can be called higly sensitive. The research of UAV market and of some related services allows to conclude that the complex that serves the whole aircraft lifecycle is at the begininng and yet not ready for intensive flow of work. The situation obstructs by laws and certifications that are also either is developing at the moment or just not existing. Despite this we can underline that the basis for the law-making process has already been found in regular civil aircrafts. As the laws are being issued the market participants are also coming to understanding that UAVs are very similar with big aircrafts so the question of lifecycle cost (LCC) has appeared because it is the most common and clear parameter of efficiency of an aircraft.

The report reflects:

1. UAV and UAV-related services market's features. The main groups of competences needed by market are identified. Specialities of existing busines processes are found.

2. Possibility of adaptation of aircraft LCC for UAV market purposes. It has been found out that LCC of UAVs should be based on specific case of use (aerial photography, industrial inspections, parcel delivery etc.).

3. LCC evaluation method modification proposals that allows to evaluate the project dynamically in time (discounted cash flow). Requirements for the input and output data of the model have been developed.

References:

1. Alan Hobbs, Stan Herwitz Maintenance Challenges of Small Unmanned Aircraft Systems - A Human Factors Perspective . Federal Aviation Administration (FAA) Human Factors Research and Engineering Division and National Aeronautics and Space Administration (NASA) Aeronautical Safety and Human Factors;

2. Kay O. Plötner, Mara Cole, Mirko Hornung, Askin T. Isikveren, Deutschland Philipp Wesseler, Christian Essling Influence of aircraft parameters on aircraft market price // ifo Institute;

3. Kraev V.M., Siluyanova M.V., Tihonov A.I. Podhodi k razrabotke modelei jiznennogo cikla otechestvennoi aviacionnoi tehniki // Moskovskii ekonomicheskii jurnal. - 2019;

4. Sarkisyan S.A., Minaev E.S. Ekonomicheskaya ocenka letatelnih apparatov - M.: Mashinostroenie;

5. Giovanni, S., 2019. Aircraft maintenance organization management. School of service MAI.

Особенности применения методов управления изменениями для помодульно распределенных систем АТ

Калошина М.Н., Ермилов Я.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Процесс управления изменениями для помодульно распределенных систем (РС) авиационной техники (АТ) рассматривается как относительно совершенствования типа размерного ряда самих технических систем (ТС), так и относительно институциональных преобразований компаний, участвующих в создании продукции отрасли.

Модель ADKAR представляет собой синергию пяти элементов, каждый из которых имеет конкретную векторную цель: необходимость, возможность выполнять, технология, процесс, внедрение. Применительно к системам АТ метод реализуется под влиянием инновационных технологий для отдельных модулей ТС. Модель Бекхарда и Харриса используется для оценки необходимости изменений по результатам мониторинга проектов или компании и предполагает: внутренний аудит; формулирование причин для изменений; анализ разрывов; планирование действий; управление переходом. Модель эффективно применяемся для реструктуризации линеаризованных задач совершенствования РС. Модель Курта Левина применяется при проектировании инновационных проектов с активизацией научных заделов в рамках заданной стоимости и включает стадии: размораживание приостановленных исследований; доработка и адаптация; замораживание. Модель Кублера-Росса основана на постепенном адаптивном демпфировании факторов противодействия изменениям, рекомендуется применять для организационных преобразований компаний в РС, относящихся к различным подотраслям. Модель изменений Джона Коттера применяется при реализации

масштабных модульно структурированных проектов с большим количеством не аффилированных участников, относящихся к различным подотраслям, требующим создания временных центров стратегического управления. Модель Уильяма Бриджа основана на принципах перехода, подходит для создания АТ с инновационной модульной комбинацией, в том числе предполагающей ротацию участников исследований и разработок. Методология AIM используется как технология ускоренного внедрения, реализуется путем оптимизации в системе «проектный модуль-РС исполнителей», которая имеет высокую степень готовности выполнять задание, корректировать планы с минимальными проектными рисками на возникающие изменения.

Методы управления изменениями повышают эффективность деятельности помодульно распределенных систем АТ на всех стадиях жизненного цикла ТС.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Проект 20-010-00428

Features of the application of change management methods for modularly distributed AT systems

Kaloshina M.N., Ermilov Ya.V.
MAI, Moscow, Russia

The change management process for modularly distributed systems (RS) of aviation technology (AT) is considered both in relation to the improvement of the type of the size range of the technical systems (TS) themselves, and in relation to the institutional transformations of companies involved in the creation of industry products.

The ADKAR model is a synergy of five elements, each of which has a specific vector goal: necessity, ability to perform, technology, process, implementation. With regard to AT systems, the method is implemented under the influence of innovative technologies for individual TS modules. The Beckhard and Harris model is used to assess the need for changes based on the results of monitoring projects or companies and assumes: internal audit; formulating reasons for change; gap analysis; planning of actions; transition control. The model is effectively applied to restructure linearized problems of PC improvement. The Kurt Lewin model is used in the design of innovative projects with the activation of scientific groundwork within a given cost and includes the stages: unfreezing of suspended research; revision and adaptation; freezing. The Kubler-Ross model is based on a gradual adaptive damping of the factors of counteraction to change, it is recommended to be used for organizational transformation of companies in the RS belonging to various sub-sectors. John Cotter's model of change is used in the implementation of large-scale modularly structured projects with a large number of unaffiliated participants belonging to various sub-sectors that require the creation of temporary strategic management centers. William Bridge's model is based on the principles of transition, suitable for the creation of AT with an innovative modular combination, including involving the rotation of research and development participants. The AIM methodology is used as a technology for accelerated implementation, implemented through optimization in the "project module-performer's PC" system, which has a high degree of readiness to complete the task, adjust plans with minimal project risks for emerging changes.

Change management methods increase the efficiency of modularly distributed AT systems at all stages of the vehicle life cycle.

The article was prepared with the financial support of the RFBR. Project 20-010-00428.

Принципы оценки эффективности управления инновационным мультимедийным стартапом

Калошина М.Н., Скляров В.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Формирование принципов оценки эффективности управления малыми инновационными предприятиями (стартапами) в сфере мультимедиа направлено на решение следующих задач: повышение эффективности управления; повышение рентабельности; оптимизация затрат.

В качестве основного критерия оценки предлагается использовать характеристику устойчивого экономического развития стартапа, зависящую от ряда факторов. Анализ

реализованных стартапов позволяет оценить аргументированное количественное влияние факторов, выраженное в процентах, на степень устойчивого развития проекта и его эффективность:

• сложность организационной структуры и обоснование целесообразности функционирования каждого звена управления – 10%;

• скорость реакции цепи управления, в связи с тем, что при создании стартапа важна оперативная управленческая реакция на изменения рынка и спроса – 20%;

• стратегия развития, в соответствии с которой осуществляется руководство организацией в целом и каждой из отдельных подсистем – 10%;

• управленческие расходы (издержки), содержание каждого звена управленческого аппарата – 30%;

• результаты мониторинга деятельности менеджмента высшего звена – 5%;

• оценка воздействия принятых решений на конечный экономический результат деятельности компании – 20%;

• численный и качественный состав руководящего звена – 5%.

Все это позволяет сформулировать следующие принципиальные выводы:

• Основным фактором влияния на экономический результат являются издержки на содержание управленческой цепи, которые коррелируют с численностью персонала в стартапе.

• В небольших стартапах скорость реакции цепи очень высока из-за малого количества сотрудников, однако большая доля стартапов так и не выходит на рынок из-за упущенного момента реакции на изменение рынка.

• Если скорость цепи принятия решений высока, значит причиной потенциального провала стартапа на рынке могут быть плохие управленческие решения; оценив взаимосвязь решений и коммерческого результата компании можно сделать вывод о качестве менеджмента.

• Из-за небольшого размера стартап-компании большей части сотрудников приходится делать работу, не связанную с их прямой деятельностью в компании. Проблема кроется в том, что зачастую эти сотрудники не имеют представления о деятельности и базовых принципах сферы функционирования стартапа. Залогом успешного стартапа являются либо крайне опытные сотрудники, имеющие компетенции в разных сферах деятельности компании и способные заменить друг друга, либо эффективное управление задачами, которые выполняет сотрудник с релевантным опытом.

• Наряду со оптимальной структурой инновационной компании важным является ее стратегическое развитие; результаты мониторинга деятельности менеджмента могут определить проблемные и слабые моменты стартапа.

Principles for assessing the effectiveness of managing an innovative multimedia startup

Kaloshina M.N., Skliarov V.A.
MAI, Moscow, Russia

Formation of principles for assessing the effectiveness of management of small innovative enterprises (start-ups) in the field of multimedia is aimed at solving the following tasks: increasing management efficiency; increased profitability; cost optimization.

As the main evaluation criterion, it is proposed to use the characteristic of sustainable economic development of a startup, which depends on a number of factors. The analysis of the implemented startups makes it possible to assess the reasoned quantitative influence of the factors, expressed as a percentage, on the degree of sustainable development of the project and its effectiveness:

• The complexity of the organizational structure and justification of the expediency of the functioning of each link of management – 10%.

• Speed of reaction of the control chain, due to the fact that when creating a startup, it is important to have a prompt managerial reaction to changes in the market and demand – 20%.

• Development strategy, in accordance with which the organization as a whole and each of the individual subsystems are managed – 10%.

• Management costs (costs), maintenance of each link of the management apparatus – 30%.

• Results of monitoring the activities of senior management – 5%.

• Assessment of the impact of the decisions made on the final economic result of the company's activities – 20%.

• The number and quality of the management team – 5%.

All this allows us to formulate the following fundamental conclusions:

• The main factor influencing the economic result is the costs of maintaining the management chain, which correlate with the number of employees in the startup.

• In small startups, the chain reaction rate is very high due to the small number of employees, however, a large share of startups never enters the market due to the missed moment of reaction to market changes.

• If the speed of the decision-making chain is high, then the reason for the potential failure of a startup in the market may be bad management decisions; evaluating the relationship between decisions and the company's commercial result, one can conclude about the quality of management.

• Due to the small size of the start-up company, most of the employees have to do work that is not related to their direct activities in the company. The problem lies in the fact that often these employees have no idea about the activities and basic principles of the scope of the startup. The key to a successful startup is either extremely experienced employees who have competencies in different areas of the company's activities and can replace each other, or effective management of tasks performed by an employee with relevant experience.

• Along with the optimal structure of an innovative company, its strategic development is important; the results of monitoring the activities of management can identify problematic and weak points of the startup.

Оценка эффективности эксплуатации гражданской авиатехники в рамках исследования мирового рынка авиаперевозок

Калугина Г.А., Панишева А.К.
МАИ, г. Москва, Россия

В течение 10-15 лет ведется активная работа по продвижению отечественной гражданской авиационной техники на зарубежный рынок. В долгосрочной перспективе отечественные производители будут работать над повышением конкурентоспособности продукции с целью выхода на зарубежные рынки для увеличения объемов производства. В условиях сильной конкуренции со стороны зарубежных производителей повышается важность и значимость маркетинговых решений на всех этапах жизненного цикла выпускаемой продукции.

При проведении маркетинговых исследований авиапроизводителями одним из ключевых этапов является оценка эффективности авиационной техники и работы авиационных компаний как потребителей продукции авиационно-промышленных предприятий.

В современной мировой практике существует система ключевых общепринятых операционно-экономических показателей оценки эффективности воздушных судов, а также деятельности авиакомпаний-эксплуатантов.

Система показателей универсальна и позволяет производить оценку результатов деятельности авиакомпаний, масштабировать исследования до уровня стран и регионов для детерминирования мировых трендов, а также сравнивать эффективность эксплуатации авиационной техники различных классов в различных сегментах рынка.

В ходе исследования проведена работа по всестороннему анализу теории и практики использования показателей оценки эффективности деятельности авиакомпаний и воздушных судов. Представленные результаты исследования будут полезны для слушателей высших учебных заведений в области экономики высокотехнологичных производств, а также для широкого круга специалистов авиационной промышленности, занимающихся вопросами создания и продвижения на рынок гражданской авиационной техники.

Civil aircraft operation efficiency evaluation in the framework of the world air transportation market research

Kalugina G.A., Panisheva A.K.
MAI, Moscow, Russia

For 10-15 years active promotion of Russian civil aircraft to the international market is performed. In the long term, manufacturers will work to increase the product competitiveness in order to enter foreign markets to increase production volumes. In strong competition conditions from foreign manufacturers, the importance and significance of marketing solutions at all stages of the product life cycle is increasing.

Within the framework of marketing research performed by aircraft manufacturers, one of the key stages is the effectiveness evaluation of aircraft and airlines as aviation-industrial companies' product consumers.

In modern world practice, there is a system of key generally accepted operational and economic indicators for evaluating the effectiveness of aircraft, as well as the airline operational work.

The indicators system is universal and allows evaluating the airlines performance, scaling research to the level of countries and regions to determine global trends, as well as comparing the operation efficiency of aircraft of various classes in different market segments.

Within the framework of the study, a comprehensive analysis of the theory and practice of using indicators for evaluating the effectiveness of airlines and aircraft was carried out. The presented research results will be useful for students of higher educational institutions in the field of economics of high-tech industries, as well as for a wide range of aviation industry specialists involved in the designing and promotion of civil aircraft on the market.

Подготовка кадров для предприятий аэрокосмического комплекса

Каршанов И.Ф., Дикова Ф.А.
УГАТУ, г. Уфа, Россия

Интенсивные темпы роста наукоемких технологий требуют от учебных заведений подготовки кадров нового поколения. Для предприятий аэрокосмического комплекса становятся востребованными специалисты, обладающие не только профессиональными знаниями, но и навыками исследовательской, управленческой работы, т.е. творческие личности.

Стремление и мотивация студента получить образование и работать по специальности – это основа успешности его обучения.

Материалы опросов студентов позволяют анализировать данные о выборе учебного заведения и специальности, о планах после получения образования, и сделать выводы, что у более половины опрошенных профессиональные планы не сформированы, и они недостаточно готовы к самостоятельному выбору профессии [1]. Поэтому, по информации за несколько лет, по специальности устраиваются работать от 40 до 70 %.

Сегодня учебные организации стараются усилить позиции своих выпускников на рынке труда. Давая высокую профессиональную подготовку, в системе СПО готовят студентов для продолжения учебы в вузе, предлагают дополнительные программы обучения или специализацию. Однако основным направлением деятельности техникумов и вузов должна оставаться целевая подготовка квалифицированных специалистов аэрокосмического профиля. Будущие специалисты должны постоянно учиться чему-то новому, быть в курсе перспективных технологий и решений, иметь тягу к творчеству.

Можно сформулировать, что специалисты – это профессионалы, которые наряду с высоким уровнем знаний, обладают еще и рядом профессионально-значимых личностных качеств. Формирование этих качеств – непростая задача, включающая в себя как целевой отбор талантливой молодежи, так и специальное их научно-методическое сопровождение в процессе обучения. Работа в этом направлении ведется в Уфимском авиационном техникуме УГАТУ, включая практику ранней профориентации школьников на основе лабораторий, кружков, аэрокосмических центров, привлечения будущих специалистов к исследованиям. Научно-методическое сопровождение студентов в процессе обучения заключается в

возможности целевой подготовки-это работа студентов в командах над реальными проектами. Например, разработка проектов для Международной олимпиады А.Ф.Можайского и Российского чемпионата «Воздушно-инженерная школа» МГУ и ГК «Роскосмос», что обеспечивает возможность развивать творческие способности, коммуникативность и другие качества, которые должны нарабатываться индивидуально.

Реализацией этих проектов является создание моделей аэрокосмических аппаратов и студенты проходят все этапы проекта: от конструкторской разработки до запуска летательного аппарата, знакомятся с методами расчетов, конструирования, изготовления, испытания моделей, обучаются навыкам работы в команде, определяют направления личного развития, профессиональную специализацию.

Проблемы сохранения мотивации у самих студентов завершить учебу и работать по специальности определяют задачи поиска новых форм и методов, которые требуют от предприятий участия в экономической поддержке студентов. Основу может дать интеграция процесса обучения и исследований студентов, выполняемых в интересах конкретного предприятия, актуализация программ подготовки специалистов для обеспечения соответствия современным требованиям и задачам инновационного развития аэрокосмического комплекса.

Список литературы

1.Нестерович Т. Кадры для аэрокосмической отрасли: в контексте проблем и решений /Т. Нестерович //Авиапанорама – 2016.- № 1(115) – С. 43-47

Personnel training for aerospace complex enterprises

Karshanov I.F., Dikova F.A.
USATU, Ufa, Russia

The intensive growth rates of science-intensive technologies require educational institutions to train a new generation of personnel. For aerospace enterprises, specialists with not only professional knowledge, but also research and management skills, i.e. creative personalities, are becoming in demand.

The desire and motivation of a student to get an education and work in a specialty is the basis for the success of his studies.

Students' survey materials allow us to analyze data on the choice of an educational institution and specialty, on plans after graduation, and to conclude that more than half of the respondents have not formed professional plans, and they are not sufficiently prepared for an independent choice of a profession Therefore, according to information for several years, from 40 to 70% get a job in the specialty.

Today educational organizations are trying to strengthen the position of their graduates in the labor market. Giving high professional training, the SVE system prepares students to continue their studies at the university, offer additional training programs or specialization. However, the main activity of technical schools and universities should remain targeted training of qualified aerospace specialists. Future specialists must constantly learn something new, be aware of promising technologies and solutions, and have a craving for creativity.

It can be stated that specialists are professionals who, along with a high level of knowledge, also possess a number of professionally significant personal qualities. The formation of these qualities is not an easy task, which includes both the targeted selection of talented young people and their special scientific and methodological support in the learning process. Work in this direction is carried out at the Ufa Aviation Technical School of USATU, including the practice of early career guidance for schoolchildren on the basis of laboratories, circles, aerospace centers, and attracting future specialists to research. Scientific and methodological support of students in the learning process lies in the possibility of targeted training – this is the work of students in teams on real projects. For example, the development of projects for the International Olympiad AF Mozhaisky and the Russian championship "Air Engineering School" of Moscow State University and the State Corporation "Roskosmos", which provides an opportunity to develop creativity, communication and other qualities that must be developed individually.

The implementation of these projects is the creation of models of aerospace vehicles and students go through all stages of the project: from design development to launching the aircraft, get acquainted with the methods of calculation, design, manufacture, testing of models, learn teamwork skills, determine the directions of personal development, professional specialization.

The problems of maintaining motivation among students themselves to complete their studies and work in their specialty determine the tasks of finding new forms and methods that require enterprises to actively participate in the economic support of students. The basis can be provided by the integration of the process of teaching and research of students, the actualization of training programs for specialists to ensure compliance with modern requirements and the tasks of innovative development of the aerospace complex.

Моделирование и оптимизация интегрированной авиационной системы тушения лесных пожаров

Касаткин А.А., Егошин С.Ф., Клочков В.В.
НИЦ Институт им. Н.Е. Жуковского, г. Москва, Россия

Авиация является важным элементом системы народного хозяйства, позволяющим решать различные задачи – не только транспортные, но и выполнять авиационные работы. Для повышения эффективности выполнения задач необходимо оптимизировать параметры перспективных воздушных судов или определять оптимальный типаж и состав парка воздушных судов из имеющегося набора в привязке к выполняемой задаче, существующим ограничениям и т.д.

Одним из наиболее эффективных подходов при поиске оптимального решения некоторой задачи народного хозяйства с помощью авиации является рассмотрение т.н. интегрированной авиационной системы (ИАС), включающей в себя как парк воздушных судов и объекты авиационной инфраструктуры, так и неавиационные объекты отрасли народного хозяйства, обслуживаемой данной интегрированной авиационной системой.

Такой подход более плодотворен, чем оптимизация только авиационной составляющей при заданном объеме авиационных работ. Другими словами, для достижения глобального оптимума целесообразно оптимизировать сами объем и качество авиационных работ, а также «ответную часть» в отрасли-потребителе.

В настоящей работе рассматривается задействование авиации при решении проблемы тушения лесных пожаров. Формирование оптимального облика лесопожарной ИАС состоит из следующих этапов:

• Построение моделей возникновения и развития лесных пожаров, для обнаружения и тушения которых привлекаются воздушные суда.

• Построение моделей выполнения задачи (обнаружение пожара, тушение пожара отдельным воздушным судном).

• Введение ограничений (например, ограничений на выбросы углекислого газа в атмосферу вследствие горения леса).

• Формирование целевой функции.

• Непосредственно минимизация целевой функции и определение параметров оптимальной ИАС с учетом установленных ограничений.

Была рассмотрена задача тушения лесных пожаров, возникающих в заданном участке лесного фонда. В качестве целевой функции были выбраны суммарные затраты на обслуживание ИАС. В рамках данной постановки проведено сравнение различных парков воздушных судов (в т.ч. перспективных, с гипотетическими характеристиками), также проведено сравнение оптимальных решений при различной жесткости ограничений на максимальные объемы выбросов углекислого газа. Было показано, что в рамках введенных моделей наиболее рациональным обликом лесопожарной ИАС является разбиение лесного фонда на зоны ответственности отдельных подразделений, в состав которых входит авиапарк на основе БПЛА двух типов: малых патрульных и более крупных дежурных пожарных.

Modeling and optimization of an integrated aviation system for extinguishing forest fires

Kasatkin A.A., Egoshin S.F., Klochkov V.V.
NRC Zhukovsky Institut, Moscow, Russia

Aviation is an important element of the system of the national economy, which makes it possible to solve various problems – not only transport, but also to carry out aviation work. To increase the efficiency of task performance, it is necessary to optimize the parameters of promising aircraft or to determine the optimal type and composition of the aircraft fleet from the existing set in relation to the task being performed, existing restrictions, etc.

One of the most effective approaches to finding an optimal solution to a certain problem of the national economy with the help of aviation is to consider the so-called an integrated aviation system (IAS), which includes both a fleet of aircraft and aviation infrastructure facilities, and non-aviation facilities of the national economy, served by this integrated aviation system. This approach is more productive than optimizing only the aviation component for a given volume of aviation work. In other words, in order to achieve the global optimum, it is advisable to optimize the volume and quality of aviation works themselves, as well as the "response part" of the employing industry.

This paper considers the use of aviation in solving the problem of extinguishing forest fires. Formation of the optimum shape of the forest firefighting IAS consists of the following stages:

• Building models of the occurrence and development of forest fires, for the detection and extinguishing of which aircraft are involved.

• Building models for the task (fire detection, fire extinguishing with a separate aircraft).

• Introduction of restrictions (for example, restrictions on carbon dioxide emissions into the atmosphere due to forest burning).

• Formation of the target function.

• Directly minimizing the objective function and determining the parameters of the optimal IAS taking into account the established constraints.

The problem of extinguishing forest fires arising in a given area of the forest fund was considered. The total costs of the IAS maintenance were chosen as the objective function. Within the framework of this problem formulation, a comparison was made of various aircraft fleets (including promising ones, with hypothetical characteristics), and a comparison was made of optimal solutions with different restrictions on the maximum volumes of carbon dioxide emissions. It was shown that, within the framework of the introduced models, the most rational shape of the forest firefighting IAS is the division of the forest fund into areas of responsibility of individual units, which include an aircraft fleet based on two types of UAVs: small patrol and larger firefighters on duty.

Оценка инновационного потенциала при формировании инновационной стратегии предприятия

Кинешев А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

При формировании инновационной стратегии предприятия очень важно понимать возможности компании. Для этого необходимо провести оценку инновационного потенциала методом, который учтёт специфику профиля предприятия.

Рассматривая инновационное развитие с позиции предприятий, выделяют следующие факторы, которые могут влиять на их инновационное развитие: внутренние (характеризующие ресурсный потенциал предприятия); внешние (неконтролируемые со стороны системы, оказывающие существенное воздействие на ее внутренние процессы).

Сегодня принято выделять нижеуказанные методики, при помощи которых можно оценить и проанализировать инновационный потенциал промышленного предприятия: количественная методика; экспертная методика; методика, направленная на проведение анализа ресурсов; методика, основной целью которой является интегрированная оценка потенциала.

Далее рассматриваются частные основные методы и походы, которые направлены на проведение оценки инновационного потенциала промышленного предприятия, а также их сравнительная характеристика.

Выделяются нижеуказанные подходы, направленные на проведение оценки: подход финансовой устойчивости; подходы оценки по интегральному показателю: с применением оценок экспертов или различных показателей и коэффициентов; матричная методика.

С учетом рассмотренной структуры и выявленных недостатков оценки инновационного потенциала, показатели были объединены в следующие категории, которые характеризуют составляющие инновационного потенциала промышленного предприятия:

- Кадровый потенциал.
- Финансово-экономический потенциал.
- Научно-технический потенциал.
- Производственно-технологический потенциал.

Чтобы привести все частные показатели к сопоставимому виду, следует стандартизировать их величины, что достигается при помощи использования нормировочных коэффициентов или присвоением определенного балльного значения, основываясь на критериальных величинах.

Предложенные пределы показателей основываются на исследованиях российских экспертов в области инновационной деятельности, обозначенных в экономической литературе, на анализе ряда российских промышленных предприятий, а также на данных статистической отчетности.

Таким образом, оценка, проведенная на основе предложенного способа, позволила определить векторы развития предприятия и скорректировать инновационную стратегию, повысив эффективность деятельности предприятия.

Evaluation of the innovative potential in the formation of the innovative strategy of the enterprise

Kineshev A.A.
MAI, Moscow, Russia

When forming an innovative strategy of an enterprise, it is very important to understand the capabilities of the company. To do this, it is necessary to assess the innovation potential by a method that takes into account the specifics of the company's profile.

Considering innovative development from the perspective of enterprises, the following factors are identified that can influence their innovative development: internal (characterizing the resource potential of the enterprise); external (uncontrolled by the system, having a significant impact on its internal processes).

Today it is customary to single out the following methods, with the help of which it is possible to evaluate and analyze the innovative potential of an industrial enterprise: quantitative methodology; expert methodology; methodology aimed at analyzing resources; methodology, the main purpose of which is an integrated assessment of potential.

Next, we consider the private basic methods and campaigns that are aimed at assessing the innovative potential of an industrial enterprise, as well as their comparative characteristics.

The following approaches aimed at carrying out the assessment are highlighted: the approach of financial stability; approaches to the assessment of an integral indicator: using expert assessments or various indicators and coefficients; matrix methodology.

Taking into account the considered structure and the identified shortcomings of the assessment of innovative potential, the indicators were combined into the following categories, which characterize the components of the innovative potential of an industrial enterprise:

- Human resources potential.
- Financial and economic potential.
- Scientific and technical potential.
- Production and technological potential.

In order to bring all particular indicators to a comparable form, their values should be standardized, which is achieved by using normalization coefficients or assigning a certain point value based on criteria values.

The proposed limits of indicators are based on the research of Russian experts in the field of innovation activity, indicated in the economic literature, on the analysis of a number of Russian industrial enterprises, as well as on statistical reporting data.

Thus, the assessment carried out on the basis of the proposed method made it possible to determine the vectors of the enterprise's development and adjust the innovation strategy, increasing the efficiency of the enterprise.

Анализ путей достижения экономической эффективности при внедрении робототехники

Ковалевич М.В., Корж С.Е., Нейперт Т.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Основной целью внедрения роботизации для предприятия является получение экономического эффекта. В авиа- и ракетостроении в связи с малыми программами выпуска наличие экономического эффекта является неочевидным. Следовательно, является актуальной задача по выбору и анализу критериев эффективности проектов.

Экономический эффект можно разделить на прямой и косвенный. Прямой достигается, в первую очередь, в результате снижения трудоемкости роботизированного процесса. Косвенный влияет на производство в целом, повышая конкурентоспособность продукции.

Так же составляющие части экономического эффекта могут быть разделены на следующие две группы:

• Доля эффекта, поддающаяся прямой количественной оценке в рамках рассматриваемого процесса с достаточной степенью достоверности.

• Доля эффекта, определить которую в рамках одного процесса в регламентированные сроки определить не представляется возможным.

В работе для каждой из групп определены критерии оценки эффективности. При этом часть из них является общей для большинства производственных процессов, а часто свойственно тому или иному процессу или их группе.

Системный подход к анализу критериев позволяет определить подходы и получить расчетные зависимости для определения условий достижения экономического эффекта для различных решений роботизации.

В качестве примера рассматривается внедрение роботизированной ячейки – комплекса из нескольких единиц роботизированного оборудования, что позволяет обеспечить наибольшую загрузку ячейки. Повышение экономической эффективности достигается за счёт исключения времени обработки деталей из трудоёмкости.

По результатам анализа сделаны следующие выводы: определены условия безубыточности проекта; необходимость внедрения роботизированного участка должна послужить катализатором для процессов совершенствования организационной структуры предприятия, улучшить механизмы планирования работ.

Analysis of ways to achieve the economic efficiency in the implementation of robotics

Kovalevich M.V., Korzh S.E., Neypert T.A.
MAI, Moscow, Russia

The main goal of introducing robotization for an enterprise is to obtain an economic effect. In aviation and rocketry, in connection with small production programs, the presence of an economic effect is not obvious. Consequently, the task of selecting and analyzing criteria for the effectiveness of projects is an urgent task.

The economic effect can be divided into direct and indirect. Direct is achieved, first of all, as a result of reducing the labor intensity of the robotic process. Indirectly affects production as a whole, increasing the competitiveness of products.

Also, the components of the economic effect can be divided into the following two groups:

• The proportion of the effect that can be directly quantified within the process under consideration with a sufficient degree of reliability.

• The proportion of the effect, which cannot be determined within the framework of one process within the specified time frame.

In the work, for each of the groups, criteria for evaluating the effectiveness are determined. At the same time, some of them are common to most production processes, and often characteristic of a particular process or a group of them.

A systematic approach to the analysis of criteria allows us to define approaches and obtain calculated dependencies to determine the conditions for achieving economic benefits for various robotization solutions.

As an example, the introduction of a robotic cell is considered – a complex of several units of robotic equipment, which makes it possible to ensure the highest load of the cell. The increase in economic efficiency is achieved by eliminating the processing time of parts from labor intensity.

Based on the results of the analysis, the following conclusions were made: the break-even conditions of the project have been determined; the need to introduce a robotic section should serve as a catalyst for the processes of improving the organizational structure of an enterprise, and improve work planning mechanisms.

Подходы к подготовке кадров для авиационной промышленности в условиях импортозамещения

Коваленко В.Д., Тихонов А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Необходимость реализации политики импортозамещения в современной России отмечается рядом авторов как возможность избавления страны от импортозависимости и обеспечения экономической безопасности государства. В качестве основного метода рассматривается реализация масштабных государственных целевых программ.

С точки зрения руководителей предприятий авиационной отрасли к основным факторам, ограничивающим инновационную деятельность, относятся:

1. Низкий спрос на новые товары и снижающаяся динамика в потребительском спросе. Дефицит спроса считается основным фактором уязвимости для руководителей промышленных предприятий (47%). Предприятия, производящие транспортные средства, целлюлозно-бумажную продукцию, машины и оборудование работают на пределе спроса.

2. Недостаток собственных денежных средств и проблемы привлечения инвестиций в технологическое перевооружение промышленных предприятий. О нем заявили 39% руководителей предприятий. Инвесторы снижают горизонт планирования и не проявляют заинтересованность в поддержание инновационных проектов в России в условиях частого изменения «правил игры» и неприемлемых рисков.

3.К важному фактору, препятствующему росту инновационного потенциала предприятия и создающему угрозу экономической и политической стабильности, 85% российских руководителей относят дефицит квалифицированных кадров.

В числе системных проблем, сдерживающих развитие отрасли, невысокий уровень оплаты труда и, как следствие, старение персонала и острый дефицит квалифицированных кадров. В итоге сформировался дефицит опыта разработок. Уровень компетенций в области экономики, права и управления интеллектуальной собственностью также остается крайне низким.

В рамках реализации программы импортозамещения предлагаются следующие мероприятия по подготовке кадров для авиационной отрасли:

1. Формирование современной системы управления отраслевым научно-технологическим комплексом в условиях импортозамещения.

2. Развитие информационного обеспечения исследований и разработок в отрасли.

3. Поддержка развития профессионального сообщества работников отрасли.

Вокруг крупнейших предприятий отрасли целесообразно формировать кластеры, в рамках которых крупный бизнес мог бы эффективно взаимодействовать с малыми предприятиями, научными организациями, вузами, решая технологические, производственные, кадровые и инфраструктурные проблемы. Кластерная модель позволит также обеспечить концентрацию на локальном уровне производств продукции общемашиностроительного применения и

ликвидировать соответствующие неэффективные производства на отдельных предприятиях отрасли.

Стратегия подготовки кадров в условиях импортозамещение открывает возможность для роста и развития российской авиационной промышленности и, как следствие, стабилизации социальной обстановки. Поэтому всесторонний подход к реализации этой стратегии может стать одним из факторов, стабилизирующих социально-экономическое положение России в целом.

Литература:

1. Артющик В.Д., Гусаков А.Г., Тихонов А.И. Развитие авиационной промышленности Российской Федерации в условиях импортозамещения // Московский экономический журнал. 2016. № 3.

2. Краев В.М., Тихонов А.И. Эффективность внедрения программы импортозамещения в авиационное двигателестроение // РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. №2, 2017.

3. Мантуров Д.В.. Клочков В.В. Методологические проблемы стратегического планирования развития российской авиационной промышленности // Труды МАИ, 2012, Вып. 53.

Approaches to training personnel for the aviation industry in the context of import substitution

Kovalenko V.D., Tikhonov A.I.

MAI, Moscow, Russia

The need to implement the import substitution policy in modern Russia. As the main method for the implementation of large-scale state targeted programs.

From the point of view of the heads of the aviation industry, the main factors limiting innovation include:

1. Low demand for new products and declining dynamics in consumer demand. Deficit in demand is considered the main factor of vulnerability for industrial managers (47%). Enterprises manufacturing vehicles, pulp and paper products, machinery and equipment are operating at the demand limit.

2. Lack of own funds and the problem of attracting investments in the technological re-equipment of industrial enterprises. 39% of business leaders said about it. Investors reduce the planning horizon and show no interest in supporting innovative projects in Russia in the face of frequent changes in the “rules of the game” and unacceptable risks.

3. An important factor that hinders the growth of the innovative potential of the enterprise and creates a threat to economic and political stability, 85% of Russian leaders attribute the shortage of qualified personnel.

Among the systemic problems hindering the development of the industry is the low level of wages and, as a result, the aging of personnel and an acute shortage of qualified personnel. As a result, a lack of development experience was formed. The level of competence in the field of economics, law and intellectual property management also remains extremely low.

As part of the implementation of the import substitution program, the following activities are proposed for training personnel for the aviation industry:

1. Formation of a modern management system for the sectoral scientific and technological complex in the context of import substitution

2. Development of information support for research and development in the industry

3. Supporting the development of a professional community of industry workers

It is advisable to form clusters around the largest enterprises in the industry, within which large business could effectively interact with small enterprises, scientific organizations, universities, solving technological, production, personnel and infrastructure problems. The cluster model will also make it possible to ensure the concentration at the local level of production of products for general machine-building applications and eliminate the corresponding inefficient production at individual enterprises of the industry.

The strategy for training personnel in the context of import substitution opens up an opportunity for the growth and development of the Russian aviation industry and, as a result, stabilization of the social situation. Therefore, a comprehensive approach to the implementation of this strategy can become one of the factors stabilizing the socio-economic situation in Russia as a whole.

Вопрос нормативного регулирования оценки эффективности технопарков

Ковальчук А.С., Чайка Н.К.
МАИ, г. г. Москва, Россия

В ходе проведенного исследования была дана оценка эффективности деятельности технопарков, которые соответствуют ГОСТу, разработанному Ассоциацией кластеров и технопарков России в 2015 году. Данная сфера деятельности и ведения научных изысканий и разработок требовала особого внимания с начала внедрения отрасли, поскольку является инновационной на территории РФ и до этого не имела отлаженных организационных механизмов и регулирующих их нормативных актов.

Для формирования понимания производительности технопарков использовалась рейтинговая методология, разработанная ассоциацией кластеров и технопарков РФ, которая позволяет оценить эффективность деятельности технопарков. С 2015 года методология неоднократно претерпевала изменения и дополнения, что поспособствовало расширению ряда критериев, по которым можно сравнить технопарки между собой и распределять их в соответствии с отношением к среднероссийскому показателю по группам. Процентное соотношение выявляет слабые места у технопарков. Оцениваемые критерии разделены на оценочные блоки, именуемые от S1 до S5 включительно. Блоки включают в себя такие взвешенные статьи оценивания, как инновационная активность технопарков, экономическая эффективность резидентов технопарка, информационная открытость и вклад в устойчивое развитие.

Несмотря на увеличение количества технопарков на территории РФ и существенную проработку нормативных требований к ведению и организации деятельности технологических парков, главной проблемой в исследовании данной темы остается недостаточная публикуемость материалов, раскрывающих основные параметры, отвечающие за эффективность использования ресурсов технопарка, в том числе научный и производственный потенциал. Систематизация показателей и сравнение со среднероссийским годовым показателем эффективности приводит к тому, что получаемый рейтинг за год не отражает динамических изменений всей отрасли технопарков за последние годы, поскольку каждый показатель за год является относительным к годовым значениям за рассматриваемый год, а не абсолютным.

В сентябре 2021 года опубликован новый ГОСТ, регламентирующий деятельность технопарков, добавляя новый вид – агропромышленный технопарк, отделяя новое направление деятельности в сельскохозяйственной отрасли. Однако, остается открытым вопрос систематизации данных работы технопарка, по которым возможно оценить его производительность и эффективность, что может быть представлено в виде отчета управляющей компании.

The issue of law regulation the assessment of the effectiveness of technoparks

Kovalchuk A.S., Chaika N.K.
MAI, Moscow, Russia

In the course of the study, an assessment was made of the effectiveness of the activity of technoparks that comply with GOST, developed by the Association of Clusters and Technoparks of Russia in 2015. Since technoparks are innovative in the territory of the Russian Federation they did not have well-functioning organizational mechanisms and regulatory acts. This area of activity and the conduct of scientific research and development required special attention from the very beginning of the industry's introduction.

To form an understanding of the productivity of technoparks, a rating methodology which makes it possible to assess the effectiveness of technoparks was used. This methodology was developed by

the Association of Clusters and Technoparks of the Russian Federation. Since 2015, the methodology has repeatedly undergone changes and additions, which contributed to the expansion of a number of criteria by which technoparks are compared with each other and distributed in accordance with the ratio to the average Russian indicator by groups. In-group percentage reveals weak points in technology parks. The criteria are divided into evaluation blocks, referred from S1 to S5. The blocks include such weighted assessment items as innovative activity of technoparks, economic efficiency of technopark residents, information accessibility and contribution to sustainable development.

Despite the increase in the number of technoparks on the territory of the Russian Federation and a significant study of regulatory requirements for the maintenance and organization of technological parks, the insufficient publicity of materials that reveal the main parameters responsible for the efficiency of technoparks, including scientific and production potential remains the main problem of this topic. The systematization of indicators and comparison with the average Russian annual efficiency indicator leads to the fact that the resulting rating for the year does not reflect the dynamic changes in the entire industry of technoparks in recent years, since each indicator for the year is relative to the annual values for the year considered, but not the absolute value for the recent years.

In September 2021, a new state standart (ГОСТ) was published, regulating the activities of technoparks, adding a new type – an agro-industrial technopark, separating a new direction of activity in the agricultural industry. However, the question of systematizing the data, according to which it is possible to assess its productivity and efficiency of the technopark's work, remains open. This data, for example, can be presented in the form of a report from the technopark's management company.

Потенциал снижения энергоемкости российской экономики на примере аэрокосмической отрасли

Козловцев С.А., Козловцев С.А., Кулагин К.М., Рогожин Д.А., Дронин А.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Одной из самых актуальных задач Российской экономики является снижение энергоемкости. Российская Федерация занимает 4 место по потреблению энергии и 6 место по ВВП (4 021 млрд. долларов). При значительно меньших показателях относительно лидирующей экономики мира (потребление энергии Китая выше в 4,6 раза, а ВВП - в 6 раз), энергоемкость наоборот выше в 1,5 раза. Такое высокое значение объясняется несколькими причинами:

1. Территориальная разрозненность объектов энергопотребления и источников топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).
2. Климат Российской Федерации.
3. Старение основных фондов и технологий увеличивает расход энергии.
4. Преобладание предприятий тяжелой промышленности.

Если на первые два пункта оказать влияние мы не в силах, то третий и четвертый скорее являются возможностями для развития энергосбережения, повышения энергоэффективности российских предприятий. Реализация накопленного потенциала позволит высвободить значительные дополнительные объемы ТЭР (реализация плана из распоряжения от 19 апреля 2018 г. № 703-р), сократить выбросы в атмосферу (способствует реализации федерального закона от 2 июля 2021 г. N 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов"), повысить качество жизни.

Неотъемлемой частью аэрокосмической отрасли являются аэропорты – сложные объекты большой площади с большим потреблением энергии. Их количество постоянно растет, что увеличивает не только потребление ресурсов данного сектора, но и выбросы углекислого газа, влияние на окружающую среду.

Опыт стран Ближнего Востока предлагает различные мероприятия прямого и косвенного воздействия на потребление энергии, которые применимы в любом климате:

1. Вытесняющая вентиляция, которая также позволяет эффективно удалять загрязненный воздух, что особенно актуально в текущей эпидемиологической ситуации.
2. Определение размера оборудования для максимально эффективной работы и запуска.

3. Энергоэффективная система освещения. Светодиодные фонари могли бы создать мощный световой поток, при оптимальном расходе энергии.

4. Объединение систем охлаждения и отопления. Эффективность системы повышается за счет рекуперации тепловой энергии.

Авиация продолжает активно развиваться, что неуклонно влечет за собой увеличение пассажирских перелетов. Активно возводятся новые аэропорты, со сложными системами здания и с помещениями больших площадей, потребление энергии которых требует большого внимания. Применение наилучших доступных технологий при построении данных систем может привести не только к снижению потребления энергии, но и созданию более комфортных условий для пассажиров (что увеличит привлекательность авиаперелетов), уменьшению вредных выбросов в атмосферу.

1. ENERDATA / Glonal Energy Statistical Yearbook 2021 [Электронный ресурс] // URL: https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html (дата обращения 07.09.2021).

2. Самарина В.П., Сравнительная оценка энергоемкости экономик стран мира, 2016.

3. Правительство Российской Федерации, распоряжение от 19 апреля 2018 г. № 703-р.

4. Федеральный закон от 2 июля 2021 г. N 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов".

5. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации, Москва, 2020 [Электронный ресурс] // URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee83f/Energyefficiency2020.pdf (дата обращения 07.09.2021).

The potential for reducing the energy intensity of the Russian economy on the example of the aerospace industry

Smirnov V.A., Kozlovtsev S.A., Kulagin K.M., Rogozhin D.A., Dronin A.S.
MAI, Moscow, Russia

One of the most pressing challenges for the Russian economy is to reduce energy intensity. The Russian Federation ranks 4th in terms of energy consumption (about 750 Mtoe - tonne of oil equivalent) and 6th in terms of GDP (4,021 billion dollars). With significantly lower indicators relative to the world's leading economy (China's energy consumption is 4.6 times higher, and GDP is 6 times higher), energy intensity, on the contrary, is 1.5 times higher. This high value is due to several reasons:

1. Territorial fragmentation of energy consumption objects and sources of fuel and energy resources (FER). This factor leads to high transport costs and losses in the production and sale of products.

2. The climate of the Russian Federation makes it necessary to spend additional resources on creating optimal working and living conditions.

3. Aging of fixed assets and technologies increases energy consumption. The non-energy efficient equipment prevailing in Russia requires more resources to function.

4. The prevalence of heavy industry enterprises. They provide more than 30% of GDP in our country, but at the same time they are much more energy-intensive in comparison with trade enterprises and the service sector.

If we are unable to influence the first two points, then the third and fourth are more likely opportunities for the development of energy saving, increasing the energy efficiency of Russian enterprises. The implementation of the accumulated potential will allow freeing up significant additional volumes of fuel and energy resources (implementation of the plan from the order dated April 19, 2018 No. 703-r), reduce air emissions (contributes to the implementation of the federal law dated July 2, 2021 No. 296-FZ "On limiting greenhouse gas emissions "), improve the quality of life.

Airports are an integral part of the aerospace industry - complex large-area facilities with high energy consumption. Their number is constantly growing, which increases not only the consumption of resources in this sector, but also carbon dioxide emissions and the impact on the environment.

The experience of the countries of the Middle East suggests various measures of direct and indirect impact on energy consumption, which are applicable in any climate:

1. Displacement ventilation, which also allows you to effectively remove polluted air, which is especially important in the current epidemiological situation.
2. Determining the size of the equipment for the most efficient operation and start-up.
3. Energy efficient lighting system. LED lights could create a powerful luminous flux with optimal energy consumption.
4. Combining cooling and heating systems. The efficiency of the system is increased by heat recovery.

Aviation continues to actively develop, which steadily entails an increase in passenger flights. New airports are being actively built, with complex building systems and large areas, the energy consumption of which requires a lot of attention. The use of the best available technologies in the construction of these systems can lead not only to a decrease in energy consumption, but also to create more comfortable conditions for passengers (which will increase the attractiveness of air travel), and a decrease in harmful emissions into the atmosphere.

Программы well-being как фактор повышения эффективности системы управления мотивацией сотрудников промышленных предприятий

Колетвинова Е.Ю.
МГУУ Правительства Москвы, г. Москва, Россия

Забота организаций о своих сотрудниках – неотъемлемая часть эффективной системы управления персоналом. В разное время предприятия стремились к повышению производительности труда за счет мероприятий и программ, нацеленных на благополучие работников. Сегодня роль программ благополучия (well-being) неуклонно возрастает. Это связано и с повышением интенсивности труда, и с последствиями, вызванными пандемией Covid-19. Согласно исследованию компании Deloitte [2], 80% опрошенных (из примерно 9 тыс. респондентов), назвали заботу о благополучии важном фактором в HR-менеджменте. Вместе с тем, определяя основные цели трансформации рабочих процессов, сотрудники называли в числе трех основных заботу благополучии чаще, чем руководители (руководители высшего звена поставили заботу о благополучии работников на 8 место). Это доказывает и потребность сотрудников в комплексных программах well-being, и необходимость уделять более пристальное внимание руководства к данному направлению.

Комплексный подход к well-being подразумевает взаимосвязь ключевых элементов, в числе которых: физическое и эмоциональное здоровье, финансовое благополучие, самореализацию, социальные связи и комфортную среду. Для предприятий промышленного сектора, в том числе, авиационных предприятий, программы well-being важны с точки зрения системы управления мотивацией, поскольку обеспечивают удовлетворение потребностей работников как в отношении гигиенических факторов (по Ф.Герцбергу), так и мотиваторов. Важным при этом являются учет социальных и профессиональных характеристик персонала для максимальной адаптации создаваемых программ благополучия под запросы сотрудников, оценка потенциальных рисков благополучию и соответствие цели программы стратегическим задачам предприятия.

Литература:

1. Бадина А. Как построить систему well-being для сотрудников [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://top-career.ru/blog/how_to_build_well_being.
2. Международное исследование тенденций в управлении персоналом — 2021. Социально ответственный бизнес в новой реальности [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/human-capital-trends-2021.html.
3. Нагерняк С. Создание «Экосистемы well-being» в организации и управление ею // Льготы и бенефиты. 2020. №9, С. 5-9.

Well-being programs as a factor to increase the effectiveness of employee motivation management system of aircraft enterprises

Koletvinova E.Y.
MMGU, Moscow, Russia

Organizations' care for their employees is an integral part of an effective human resource management system. At various times, companies have worked for increase labor productivity through activities and programs aimed at employee well-being. Today, the role of well-being programs is steadily increasing. This is due to both the increase in work intensity and the effects caused by the Covid-19 pandemic. According to research by Deloitte [2], 80% of respondents (out of approximately 9 thousand respondents), named well-being as an important factor in HR management. At the same time, when identifying the main goals of transforming work processes, employees named well-being as one of the three main goals more often than executives (senior executives ranked employee well-being eighth). This proves both the employees' need for comprehensive well-being programs and the need for management to pay more attention to this area.

A comprehensive approach to well-being involves the interconnection of key elements, including: physical and emotional health, financial well-being, self-actualization, social connections and a comfortable environment. For the enterprises of industrial sector, the programs are important from the point of view of motivation management system, because they provide satisfaction of needs of employees both in relation to hygienic factors (according to F. Herzberg) and motivators. The important thing is to take into account social and professional characteristics of the personnel in order to adapt the created well-being programs to the employees' needs, to evaluate potential risks for the well-being and to match the program aim with the strategic goals of the enterprise.

References:

1. Badina A. How to build a well-being system for employees [Electronic resource]. Access mode: https://top-career.ru/blog/how_to_build_well_being.

2. International Study of Trends in Personnel Management - 2021. Socially responsible business in the new reality [Electronic resource] Mode of access: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/human-capital-trends-2021.html.

3. Nagerniak S. Creation and management of the "Ecosystem of well-being" in the organization // Benefits and Benefit. 2020. №9, С. 5-9

Стратегическая эффективность высокотехнологичных проектов в авиационной промышленности

Колобов А.А., Никулина Е.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Стратегическую эффективность, как частный случай эффективности стратегии, выбранной на предприятии, нередко описывают в зарубежной и отечественной литературе, рассматривая её как результативность деятельности предприятия или производительность его ресурсов, а в качестве методологической основы для проведения анализа стратегической эффективности в большинстве случаев предлагается использовать стоимостной подход к управлению, рассматривая высокотехнологичный проект как инвестиционный.

Учитывая что сложившаяся на данный момент практика оценки и обоснования эффективности проектов не принимает во внимание отраслевой специфики и самой стратегии развития авиационной промышленности в целом и с целью оформления результатов проводимого анализа стратегической эффективности проекта, предлагается создать интегральный показатель, методология расчета которого будет включать обобщение и систематизацию описанных выше стратегических эффектов от реализации проекта, в который в том числе будет включена и его коммерческая эффективность.

Подобный метод обоснования стратегической эффективности высокотехнологичного проекта не только позволит наиболее точно определять лучшие из возможных к реализации проектов, определять соответствие ресурсной и производственной базы предприятия требуемым для его реализации, но и включить указанный показатель как один из основных

при обосновании государственным органам РФ с целью заключения государственных контрактов на реализацию проекта или участия в его финансировании.

При обосновании эффективности высокотехнологичных проектов в авиационной промышленности предлагается разделять, оказываемые на внешнюю и внутреннюю среду предприятия эффекты на следующие категории:

1. Научно-технологическая, представляющая собой итоговое воздействие проекта или его составной части на научно-технологическое развитие предприятия и его внешней среды.

2. Материальная, как результат реализации проекта, выраженный в изменении объема материальных активов предприятия.

3. Кадровая, состоящая из совокупности эффектов по наращению кадрового потенциала предприятия (привлечение молодых специалистов, совершенствование навыков действующего кадрового состава, формирование кадровых резервов и др.).

4. Экономическая, выраженная в коммерческой эффективности проекта, влиянии на рынок авиационной техники, оптимизации деятельности предприятия, уровне кооперирования.

5. Социальная. Включает в себя эффекты, которые оказывает проект на окружающую среду, в части демографии, развития регионов, повышения уровня образованности и благосостояния населения, развитие малого и среднего бизнеса, создание социально значимых объектов инфраструктуры. Данная категория является наиболее субъективной и сложных при проведении анализа стратегической эффективности, поскольку не поддается достаточному уровню формализации, а полученные в ходе анализа результаты не всегда имеют количественное выражение. При этом, указанные эффекты по большей части применимы при проведении оценки с целью предоставления результатов государственному заказчику, поскольку именно для государства социальный эффект имеет достаточный вес, для влияния на стратегическую эффективность проекта в целом.

Strategic effectiveness of high-tech projects in the aviation industry

Kolobov A.A., Nikulina E.N.
MAI, Moscow, Russia

Strategic efficiency, as a special case of the effectiveness of the strategy chosen at the enterprise, is often described in foreign and domestic literature, considering it as the efficiency of the enterprise or the productivity of its resources, and as a methodological basis for analyzing strategic efficiency, in most cases, it is proposed to use a cost approach to

Taking into account that the current practice of assessing and justifying the effectiveness of projects does not take into account the industry specifics and the very development strategy of the aviation industry as a whole, and in order to formalize the results of the analysis of the strategic effectiveness of the project, it is proposed to create an integral indicator, the calculation methodology of which will include generalization and systematization the above-described strategic effects from the implementation of the project, which, among other things, will include its commercial efficiency.

Such a method of substantiating the strategic effectiveness of a high-tech project will not only allow the most accurate determination of the best of the possible projects for implementation, determine the compliance of the resource and production base of the enterprise with the required contracts for the implementation of the project or participation in its financing.

When substantiating the effectiveness of high-tech projects in the aviation industry, it is proposed to divide the effects on the external and internal environment of the enterprise into the following categories:

1. Scientific and technological, which is the final impact of the project or its component on the scientific and technological development of the enterprise and its external environment.

2. Material, as a result of the project, expressed in a change in the volume of material assets of the enterprise.

3. Personnel, consisting of a set of effects on increasing the personnel potential of the enterprise (attracting young specialists, improving the skills of the existing personnel, forming personnel reserves, etc.).

4. Economic, expressed in the commercial efficiency of the project, the impact on the aircraft market, optimization of the enterprise, the level of cooperation.

5. Social. It includes the effects that the project has on the environment in terms of demography, regional development, raising the level of education and welfare of the population, developing small and medium-sized businesses, creating socially significant infrastructure facilities. This category is the most subjective and difficult in the analysis of strategic efficiency, since it does not lend itself to a sufficient level of formalization, and the results obtained during the analysis do not always have a quantitative expression.

Удовлетворенность трудом молодых инженеров как фактор повышения социальной эффективности предприятия

Коломоец Е.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Деятельность любого предприятия, в том числе, авиационного, оценивается в первую очередь с точки зрения его экономической эффективности, которая является количественно определяемой, измеряемой. В последние десятилетия в управленческой практике все чаще говорят о социальной эффективности как важнейшем критерии оценки деятельности предприятия. Под социальной эффективностью, как правило, понимается максимально полное удовлетворение потребностей и реализации целей как работников, так социума.

Социальная эффективность может быть как следствием, так и условием экономической эффективности. Обеспечиваемая предприятием возможность личностного развития является основой успешной и производительной работы сотрудников. Одним из критериев оценки социальной эффективности предприятия является удовлетворенность работников своим трудом. Под удовлетворенностью трудом понимается интегральная оценка самими работниками процесса, результата и условий труда.

На авиационном предприятии сложилась проблемная ситуация, связанная с тем, что молодые инженеры, получив определенный опыт работы, увольнялись. что повышало текучесть кадров и затраты предприятия на найм сотрудников. Методы анкетного опроса и анализа документов позволили установить ключевые факторы, вызывающие данные негативные процессы. Сотрудники удовлетворены такими параметрами, как отношения в коллективе (обстановка спокойная, деловая, дружеская). Также опрошенные довольны отношениями с руководством (руководитель четко ставит задачи, компетентен, инициативен). Респонденты удовлетворены и результатами своего труда, считая их социально значимыми, а работу – интересной. Большая часть условий труда (технические, санитарно-гигиенические и др.) также устраивают работников.

Основная зона неудовлетворенности связана с размером и способами начисления заработной платы. Большинство молодых инженеров вынуждена искать дополнительную работу, чтобы иметь возможность удовлетворять свои базовые потребности. Уволившиеся сотрудники считают, что их зарплата не соответствует квалификации, сложности и объему работы. Не устраивает также система начисления заработной платы, которая, по их мнению, не базируется на оценке результатов труда. Еще одной причиной недовольства сотрудников является крайне ограниченный карьерный рост.

Для решения выявленной проблемы рекомендуется изменить начисление дополнительных выплат за счет введения балльных оценок результатов труда и уточнения критериев оценки. Также можно рекомендовать более внимательное отношение к формированию кадрового резерва (сейчас он является формальностью, детали, алгоритмы и условия четко не сформулированы), пересмотреть положение о кадровом резерве. Эти меры дадут возможность молодым инженерам понять перспективы своей работы на предприятии, что повысит как результативность их труда, так и социальную эффективность самого предприятия.

Satisfaction with the work of young engineers as a factor in improving the social efficiency of the enterprise

Kolomoets E.N.
MAI, Moscow, Russia

The activity of any enterprise, including aviation, is evaluated primarily from the point of view of its economic efficiency, which is quantifiable, measurable. In recent decades, management practice has increasingly spoken about social efficiency as the most important criterion for evaluating the company's activities. Social efficiency, as a rule, is understood as the fullest possible satisfaction of the needs and goals of both employees and society.

Social efficiency can be both a consequence and a condition of economic efficiency. The opportunity for personal development provided by the enterprise is the basis for successful and productive work of employees. One of the criteria for assessing the social efficiency of an enterprise is the satisfaction of employees with their work. Satisfaction with work is understood as an integral assessment of the process, result and working conditions by the employees themselves.

There was a problematic situation at the aviation enterprise due to the fact that young engineers, having received some work experience, were quitting. which increased staff turnover and the company's hiring costs. The methods of questionnaire survey and document analysis allowed us to identify the key factors causing these negative processes. Employees are satisfied with such parameters as relationships in the team (the atmosphere is calm, businesslike, friendly). Also, the respondents are satisfied with the relationship with the management (the head clearly sets tasks, is competent, initiative). Respondents are also satisfied with the results of their work, considering them socially significant, and the work is interesting. Most of the working conditions (technical, sanitary, etc.) also suit workers.

The main area of dissatisfaction is related to the size and methods of payroll. Most young engineers are forced to look for additional work in order to be able to meet their basic needs. Retired employees believe that their salary does not correspond to the qualifications, complexity and volume of work. They are also not satisfied with the payroll system, which, in their opinion, is not based on the evaluation of labor results. Another reason for employee dissatisfaction is extremely limited career growth.

To solve the identified problem, it is recommended to change the accrual of additional payments by introducing point estimates of labor results and clarifying evaluation criteria. It is also possible to recommend a more attentive attitude to the formation of the personnel reserve (now it is a formality, details, algorithms and conditions are not clearly formulated), to revise the regulations on the personnel reserve. These measures will enable young engineers to understand the prospects of their work at the enterprise, which will increase both the effectiveness of their work and the social efficiency of the enterprise itself.

Оценка рисков и разработка стратегических альтернатив повышения конкурентоспособности российской компании на мировом рынке спутниковой связи

Комарова Н.В., Тихомирова А.М., Слав С.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Исследование посвящено оценки рисков и разработке стратегических альтернатив повышения конкурентоспособности российской компании, владеющей орбитальной группировкой на геостационарной орбите (ГСО) на мировом рынке спутниковой связи. В предыдущих работах авторов была разработана стратегия повышения конкурентоспособности компании [1]. Данная работа посвящена оценки рисков и разработке альтернативных стратегий развития, учитывающих все возможности для случая наиболее оптимистического сценария развития внешней среды и исследований угрозы для случая наиболее пессимистического сценария изменений мирового рынка спутниковой связи. Такой сценарный подход в данном случае является весьма актуальным.

Для нормальной работы компании оценка рисков последующих действий жизненно необходима. Ведь при проектировании нового космического аппарата (КА) нужно предугадывать ситуацию на всем временном интервале срока его использования (сегодня он

доходит до 18 лет, плюс время на разработку, конструирование и запуск КА), что поможет компании минимизировать убытки в дальнейшем. Все операторы мира могут ошибаться, но оператор предсказавший тренд значительно уменьшит издержки эксплуатации своей инфраструктуры.

В исследовании использованы методы идентификации рисков, предварительный анализ опасностей (PHA), анализ рисков и критические контрольные точки (HACCP), анализ видов, последствий и критичности отказов (FMECA) и другие. Представлены возможные методы воздействия на риски и стратегические альтернативы для наиболее оптимистичного сценария развития событий и для наиболее пессимистичного развития событий. Такой сценарный подход в стратегическом планировании дает возможность быстрого перехода с одной стратегии на другую при наступлении того или иного сценария развития событий.

После реализации стратегических альтернатив вероятность наступления рисков удалось снизить на величину от 33% до 46%.

Литература:

1. Komarova N.V.,Slav S.A Strategy for increasing the competitiveness of the Russian company in the global satellite communications market. Научно-технический журнал Amasonia-Investiga. Vol.10.Num.41:May 2021г С. 177-187.

Risk assessment and development of strategic alternatives to increase the competitiveness of the Russian company in the global satellite communications market

Komarova N.V., Tikhomirova A.M., Slav S.I.

MAI, Moscow, Russia

The study is devoted to risk assessment and the development of strategic alternatives to increase the competitiveness of the Russian company, which owns an orbital group in geostationary orbit (GSO) in the global satellite communications market. In the previous works of the authors, a strategy for increasing the competitiveness of the company was developed [1]. This work is devoted to risk assessment and the development of alternative development strategies that consider all the possibilities for the case of the most optimistic scenario of the development of the external environment and threat studies for the case of the most pessimistic scenario of changes in the global satellite communications market. Such a scenario approach is very relevant in this case.

For the normal operation of the company, an assessment of the risks of subsequent actions is vital. After all, when designing a new spacecraft, it is necessary to anticipate the situation throughout the entire time interval of its use (today it reaches 18 years, plus time for the development, construction and launch of the spacecraft), which will help the company to minimize losses in the future. All operators in the world can make mistakes, but the operator who predicted the trend will significantly reduce the costs of operating its infrastructure.

The study uses methods of risk identification, preliminary hazard analysis (PHA), risk analysis and critical control points (RACCP), analysis of the types, consequences and criticality of failures (FMECA) and others. Possible methods of influencing risks and strategic alternatives for the most optimistic scenario of the development of events and for the most pessimistic development of events are presented. Such a scenario approach in strategic planning makes it possible to quickly switch from one strategy to another when a particular scenario occurs.

After the implementation of strategic alternatives, the probability of occurrence of risks was reduced by an amount from 33% to 46%.

References:

1. Komarova N.V., Slav S.A Strategy for increasing the competitiveness of the Russian company in the global satellite communications market. Scientific and Technical Journal Amasonia-Investiga. Vol. 10. Num. 41:May 2021, pp. 177-187.

О необходимости нового подхода к освоению гражданской продукции в отечественной авиационной отрасли

Кондратьев Д.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Авиационная промышленность исторически являлась передовой отраслью, предметом гордости государства. Централизованное управление и государственное планирование обеспечивали эффективность освоения авиационной продукции. В 1990-е годы децентрализация, отсутствие заказов, разрыв привычных цепочек кооперации нанесли существенный урон авиастроению. Результатом стала практически полная остановка выпуска гражданской продукции.

В это же время мировая авиационная промышленность переходила к новой индустриальной модели, связанной с разделением функций финальных производителей (интеграторов) и поставщиков 1-4-го уровней. Это позволило не только разделить риски создания и освоения новой продукции, но и привлечь существенные инвестиции.

Россия же вновь пошла по пути вертикальной интеграции. Начавшая в 2000-е годы реорганизация и многократно возросшее государственное финансирование позволили стабилизировать ситуацию в отрасли и консолидировать разрозненные авиационные активы в государственной корпорации «Ростех». Однако этого оказалось недостаточно для создания и освоения конкурентоспособной гражданской продукции, доля которой на мировом рынке составляет около 1%. Среди основных причин можно выделить устаревшую вертикально интегрированную производственную модель, недостаток мер по развитию независимых поставщиков 1-4 уровней, малую серийность и ритмичность выпуска, отсутствие системы послепродажного обслуживания (ППО) на отраслевом уровне.

В целях создания и освоения глобально конкурентоспособной гражданской продукции, в частности современных лайнеров МС-21 и SSJ-NEW, требуется предусмотреть новый подход к освоению производства. Он должен включать в себя комплекс мер, в том числе:

1) формирование единых целей для государства, интегрированных структур, финальных производителей и поставщиков 1-4 уровней, обеспечение равного доступа к мерам государственной поддержки для организаций холдингов и независимых поставщиков;

2) внедрение механизмов по развитию базы поставщиков, в том числе через проекты межотраслевой диверсификации в целях повышения масштабов их деятельности и обеспечения экономии на издержках;

3) унификация компонентов для повышения серийности их производства на разных воздушных судах;

4) создание единого оператора ППО на отраслевом уровне с государственным участием.

Таким образом, применение нового подхода к освоению авиационной продукции должно быть комплексным и охватывать все стадии жизненного цикла воздушного судна, в том числе разработку, опытное и серийное производство, эксплуатацию и сервис.

The need for a new approach to the mastering of civilian products in the national aircraft industry

Kondratyev D.V.
MAI, Moscow, Russia

The aircraft industry historically was a pioneer industry, a source of pride for the state. Centralized direction and state planning made provisions for the successful mastering of aviation products. Decentralization, absence of orders and the breakdown of the usual supply chains caused significant damage to the aircraft industry in the 1990s. An almost complete stoppage in production of civilian products was the result of it.

At the same time, the global aircraft industry was transitioning to a new industrial model associated with the separation of the functions of final producers (integrators) and suppliers of levels 1-4. This model made possible not only to share the risks of development and mastering new products, but also to attract key investments.

On the contrary, Russia has again followed the path of vertical integration. The realignment initiated in the 2000s and the increased public funding stabilized the situation in the industry and consolidated the separated aviation assets in the Rostec State Corporation. However, it was insufficient for the creation and mastering of competitive civilian products, the share of which is about 1% in the international market. The main reasons are an out-of-date vertically integrated production model, a lack of measures for the development of independent suppliers of 1-4 levels, low serial production and rythmical production, and the absence of an after-sales service at the industry level.

In order to create and master globally competitive civilian products, in particular, modern jetliners MC-21 and SSJ-NEW, it is necessary to envisage a new approach to mastering the production. It should include a set of measures:

1) the formation of shared objectives for the state, integrated structures, final producers and suppliers of 1-4 levels; implementation of equal access to government support measures for organizations of holdings and independent suppliers;

2) the introduction of measures for the development of the supplier base, including through cross-sectoral diversification projects in order to increase the scale of their activities and ensure cost savings;

3) unification of components in order to increase their serial production on different aircrafts;

4) the creation of a single after-sales service operator with state participation at the industry level.

Thus, the application of a new approach to the mastering of aviation products should be comprehensive and cover all stages of the aircraft life cycle, including development, trial plant and serial production, sales, operation and service.

Актуальные проблемы управления HR-брендом компании в условиях разнообразия поколений

[1]Коновалова В.Г., [2]Коновалова В.Г.
[1]ГУУ, [2]МАИ, г. Москва, Россия

Наличие сильного HR-бренда (репутация и популярность компании с точки зрения потенциальных работников) открывает множество возможностей [1, 2] – привлечение новых талантов, удержание сотрудников, сокращение стоимости поиска и найма персонала, что в современных условиях чрезвычайно актуально для предприятий авиастроения. В 2021 году HR-бренд работодателей в основном ориентирован на поколение Y (родившихся в период с 1996 года по 2003 год), и поколение Z (родившихся в период, начиная с 2004 года).

Продвигая HR-бренд для поколения Y и Z предприятиям авиастроения необходимо учитывать особенности поколений, касающиеся их работы. Эти поколения интересуют ценностные предложения компании, а не материальные. Процесс работы в компании не должен быть скучным, слишком формализованным, потому что поколения Y и Z ценят равенство и справедливость. Они уважают своих руководителей не потому что так принято, а потому что эти люди имеют большие успехи и могут передать свой опыт. Самое главное отличие поколения Z от всех других – желание изменить мир к лучшему, исправить ошибки предыдущих поколений.

Рекламное сообщение компании должно быть коротким и емким, ведь эти два поколения ценят время. Именно поэтому большинство представителей Z хотят уйти во фриланс и быть независимыми от графика работы. Поколение Z характеризуется также предприимчивостью, они не боятся рисковать и действовать, в отличие от тех же миллениумов. Образование для поколения Z важно, но самообразование важнее, их привлекают программы, приближенные к реальности [3].

Для эффективного продвижения бренда компании необходимо иметь правдивую, достоверную, актуальную, отличительную и вдохновляющую стратегию брендинга. Важное условие привлекательности HR-бренда – работа над сайтом компании, информационные рассылки, участие в различных тематических мероприятиях. Желательно, чтобы компания была социально ответственной и принимала участие в снижении уровня глобальных проблем.

Чтобы HR-бренд мог заинтересовать поколения Y и Z многим предприятиям авиастроения придется пересмотреть отношение к сотрудникам. Этим поколениям очень важно внимание и вознаграждение за успехи здесь и сейчас, а не повышение в должности через 5 лет. Они должны понимать, что их деятельность полезна для окружающих. Их привлекает возможность мыслить нестандартно и проявлять себя творчески, работать в команде.

Применяя на практике теорию поколений, следует помнить, что не только возраст определяет четкую принадлежность человека к категории. Все зависит от того, как тот или иной человек развивается и проживает свою жизнь. И если предприятия авиастроения будут понимать, как меняется поведение людей на протяжении всей жизни, то можно будет обоснованно выстроить более прямой и эффективный процесс коммуникации и продвижения HR-бренда.

Литература:

1. Осовицкая Н. HR-брендинг. Работа с поколением Y, новые инструменты для коммуникации, развитие корпоративной культуры и еще 9 эффективных практик. — СПБ.: Питер, 2015. — 304 с.

2. Прудникова, К. О. Актуальность применения системы HR-брендинга в управлении персоналом для компаний в условиях высокой конкуренции на рынке труда / К. О. Прудникова. — Текст : непосредственный // Вопросы экономики и управления. — 2016. — № 4 (6). — С. 67-70. — URL: https://moluch.ru/th/5/archive/38/1061/.

3. Маркетинг для разных поколений: от беби-бумеров до поколения Z // [Электронный ресурс]. — URL: http://www.cossa.ru/152/107777/.

Actual problems of HR-brand management of a company in a generational diversity

[1]Shmelkova A.G., [2]Konovalova V.G.

[1]SUM, [2]MAI, Moscow, Russia

The presence of a strong HR brand (reputation and popularity of the company from the point of view of potential employees) opens up many opportunities [1, 2] – attracting new talent, retaining employees, reducing the cost of finding and hiring personnel, which is extremely important for aircraft manufacturing enterprises in modern conditions. In 2021, the HR brand of employers is mainly targeting generations Y and Z.

When promoting an HR brand for Generations Y and Z, aircraft manufacturers need to consider the specificities of the generations that affect their work. These generations are interested in the company's value propositions, not material ones. The process of working in a company should not be boring, too formalized, because generations Y and Z value equality and fairness. They respect their leaders, not because it is so accepted, but because these people are very successful and can pass on their experience. The most important difference between Generation Z and all others is the desire to change the world for the better, to correct the mistakes of previous generations. The company's advertising message should be short and capacious, because these two generations value time. That is why most Z representatives want to go freelance and be independent of the work schedule. Generation Z is also characterized by entrepreneurship, they are not afraid to take risks and take action, unlike the same millenniums. Education is important for Generation Z, but self-education is more important, they are attracted by programs that are close to reality [3].

To effectively promote a brand, a company needs to have a truthful, credible, relevant, distinctive and inspiring branding strategy. An important condition for the attractiveness of an HR brand is work on the company's website, newsletters, participation in various thematic events. It is desirable that the company be socially responsible and take part in reducing the level of global problems.

In order for an HR brand to appeal to Generations Y and Z, many aircraft manufacturers will have to rethink their attitudes towards employees. For these generations, attention and reward for success here and now is very important, and not promotion in 5 years. They must understand that their activities are beneficial to others. They are attracted by the opportunity to think outside the box and be creative, to work in a team.

Applying the theory of generations in practice, it should be remembered that not only age determines the clear belonging of a person to a category. It all depends on how this or that person

develops and lives his life. And if aircraft manufacturing enterprises understand how people's behavior changes throughout their lives, then it will be possible to reasonably build a more direct and effective process of communication and promotion of the HR brand.

References:

1. Osovitskaya N. HR-branding. Working with Generation Y, new communication tools, development of corporate culture and 9 more effective practices. - SPB .: Peter, 2015 .-- 304 p.

2. Prudnikova, KO Relevance of the HR branding system in personnel management for companies in a highly competitive labor market / KO Prudnikova. - Text: direct // Issues of Economics and Management. - 2016. - No. 4 (6). - S. 67-70. - URL: https://moluch.ru/th/5/archive/38/1061/.

3. Marketing for different generations: from baby boomers to generation Z // [Electronic resource]. - URL: http://www.cossa.ru/152/107777/.

Раскрытие инженерного потенциала персонала на предприятиях авиационной промышленности

Корбут Е.А.

ПАО «Компания «Сухой», г. Москва, Россия

Ключевая задача компаний, реализующих долгосрочные проекты – оценка потенциала молодых специалистов. Компании, которые занимаются разработкой и проектированием, должны фокусироваться при оценке персонала на инженерном потенциале сотрудников конструкторских подразделений. Высокотехнологичные компании оценивают инженерный потенциал для формирования технического резерва и для решения приоритетных задач, связанных с разработкой и проектированием.

Специалисты по работе с персоналом АО «Компания «Сухой» разработали авторскую методику, активно используемую при реализации новых проектов в авиационной отрасли. В нее входят 4 направления:

1. Оценка мягких навыков, как индикатор компетенций по достижению результата и эффективности взаимодействия.

Существует прямая связь между управленческим потенциалом и профессиональными навыками. Активно используются разные методики для оценки управленческих навыков: Интервью по компетенциям, «360 градусов», опросники, тестирование способностей, «Центр оценки» (Assessment center).

2. Участие в программах обучения мягким навыкам, как элемент комплексного развития потенциала специалистов.

В АО «Компания «Сухой» разработано и проводится большое количество программ развития мягких навыков в любых форматах обучения: аудиторный или дистанционный. Активно развиваются программы подготовки кадрового резерва, которые предназначены для комплексного обучения мягким навыкам кандидатов, отобранных по результатам оценки. Дополнением к ним являются программы «Школа руководителя» и «Эффективный сотрудник».

3. Формирование и оценка инженерного резерва для реализации текущих и перспективных проектов.

Жизненный цикл самолета начинается с проектирования в ОКБ. В работе с персоналом ОКБ, которое является ключевым подразделением и идеологическим центром Компании, используется методика «Анализ кадрово-квалификационного потенциала подразделений (АККПП). Эта методика была разработана самими руководителями ОКБ, а впоследствии доработана кадровой службой Компании, и регулярно проводится каждые два года. Цели АККПП делятся на два уровня: компании и руководителя. Новая методика позволяет руководителю:

1) посмотреть на свое подразделение сверху;

2) увидеть ресурсы/определить проблемные зоны;

3) сформировать управленческий и кадровый резерв.

4. Модель инженерного мышления, как основа инновационного потенциала компании.

Необходимо проводить оценку уровня инженерного мышления специалистов для дальнейшего выращивания идеологов по различным функциональным направлениям. В настоящее время нет инструмента для комплексной характеристики инженерного потенциала. Инженерное мышление – это вид познавательной деятельности, направленной на исследование, создание и эксплуатацию новой техники. Для исследования проблемы был выбран базовый тест «Бизнес-профиль», который содержит 32 шкалы и обладает следующими достоинствами: включает нужные характеристики; автоматизирован; кастомизирован под корпоративную модель компетенций. Сформулирована модель Инженера – идеолога. Понятие «Инженерное мышление» заменили на новый термин «Инженерный потенциал». Методику будет апробирована на более широкой выборке Идеологов и высокопотенциальных инженеров, выделенных по результатам АККПП. Инженерный потенциал – это основа для формирования технического резерва Компании и для решения приоритетных задач, связанных с разработкой и проектированием современных летательных аппаратов.

Disclosure of the engineering potential of personnel at the enterprises of the aviation industry

Korbut E.A.
PJSC «Company «Sukhoi», Moscow, Russia

The key task of companies implementing long-term projects is to assess the potential of young professionals. Companies that are engaged in development and design should focus on the engineering potential of employees of design departments when evaluating personnel. Companies evaluate the engineering potential for the formation of a technical reserve and for solving priority tasks related to development and design.

The personnel specialists of Sukhoi Company JSC have developed an author's methodology that is actively used in the implementation of new projects in the aviation industry. It includes 4 directions:

1. Assessment of soft skills as an indicator of competencies to achieve results and the effectiveness of interaction.

There is a direct link between managerial potential and professional skills. Various methods are actively used to assess managerial skills: Competency interviews, 360 degrees, questionnaires, aptitude testing, Assessment center.

2. Participation in soft skills training programs as an element of comprehensive development of the potential of specialists.

Sukhoi Company JSC has developed and is conducting a large number of soft skills development programs in any training formats: classroom or distance. Training programs for the personnel reserve are actively developing, in addition to them are the programs "School of the head" and "Effective employee".

3. Formation and evaluation of the engineering reserve for the implementation of current and prospective projects.

The life cycle of the aircraft begins with the design in the Design Bureau. In working with the personnel of the Design Bureau, which is a key division and the ideological center of the Company, the methodology "Analysis of the personnel and qualification potential of divisions (ACCP) is used. This methodology was developed by the heads of the Design Bureau themselves, and subsequently refined by the Company's personnel service, and is regularly carried out every two years. The goals of the ACCP are divided into two levels: the company and the manager. The new methodology allows the manager to:

1) look at your division from above;
2) see resources/identify problem areas;
3) to form a management and personnel reserve.

4. The model of engineering thinking as the basis of the innovative potential of the company.

It is necessary to assess the level of engineering thinking of specialists for further cultivation of ideologists in various functional areas. Currently, there is no tool for comprehensive characterization of engineering potential. Engineering thinking is a type of cognitive activity aimed at the research, creation and operation of new technology. The basic test "Business Profile" was selected, containing 32 scales and having the following advantages: includes the necessary characteristics; automated;

customized for the corporate model of competencies. The model of an Ideologue Engineer is formulated. The concept of "Engineering thinking" was replaced by the term "Engineering potential". The methodology will be tested on a wider sample of Ideologists and high-potential engineers identified by the results of the ACCP. Engineering potential is the basis for the formation of the Company's technical reserve and for solving priority tasks related to the development and design of modern aircraft.

Дистанционное обучение: психологическая адаптация студентов

Коротун В.Л.
МАИ, г. Москва, Россия

Современные технические достижения в области дистанционного образования, используемые в Московском авиационном институте (МАИ), достигли уровня, который позволяет проводить лекции, практические занятия, демонстрацию опытов, тестирование, письменное общение в режиме реального времени [1]. Но, вынужденное использование дистанционных средств обучения во время распространения коронавирусной инфекции COVID-19 выявило ряд трудностей, в том числе психологических, с которыми столкнулись как преподаватели, так и студенты [3]. Проведение занятий в режиме видеоконференции вместо привычных очных занятий потребовало от участников несколько больших усилий [2].

В данном исследовании с помощью опросных методов выявляется степень удовлетворенности студентов дистанционной формой обучения в целом, вид заданий, которые вызывают наибольшие психологические трудности, способы организации очного обучения, которые помогают легче адаптироваться к дистанционному обучению.

Использование смешанного подхода при обучении студентов вузов особенно актуально во время нестабильной эпидемиологической обстановки [4].

Благодаря возможности работать в «перевернутом» классе, которую преподаватели и студенты МАИ получили после разработки обучающих курсов на платформе lms.mai.ru по 6 семестрам, содержащих презентации грамматического материала, учебные видеоролики, тесты и другие задания с 2017 года, студенты приобрели опыт и навык самостоятельной работы с электронным ресурсом.

Результаты исследования, в котором принимали участие студенты 2 курса института №8 МАИ, проведенные в весеннем семестре 2020 года, показали целесообразность более активного применения методов смешанного обучения в периоды относительно спокойной эпидемиологической обстановки. Более 80% опрошенных, имевших опыт обучения в «перевернутом» классе, легко адаптировались к условиям дистанционного обучения.

1. Вечеринина Е.А., Коротун В.Л. Организация обучения иностранному языку студентов инженерных специальностей в удаленном режиме в условиях самоизоляции. В книге: 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Тезисы 19-ой Международной конференции. Москва, 2020. С. 833-834.

2. Дебдина Е.Г. Обучение английскому языку в МАИ с использованием платформ для удаленного обучения в период пандемии 2020 года. В сборнике: АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ДЕКАДА. сборник трудов XIII Всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара. Москва, 2020. С. 32-37.

3. Черкасова, В. Ю. Онлайн-коммуникация преподавателей и студентов в системе высшего образования: проблемы и перспективы / В. Ю. Черкасова // Педагогическое образование в России. 2021. № 2. С. 132-143.

4. Levina V., Zubanova S., Ivanov A. Axiological linguistics and teaching of Russian as a foreign language in the context of distance learning against the backdrop of the pandemic. XLinguae. 2021. Т. 14. № 1. С. 212-227.

Distance training: psychological adaptation of students

Korotun V.L.
MAI, Moscow, Russia

Modern technical achievements of Moscow Aviation Institute (MAI) in the field of distance education have reached a level that allows giving lectures, practical classes, demonstration of experiments, testing, written communication in real time [1]. However, the forced use of distance learning tools during the spread of the COVID-19 coronavirus revealed a number of difficulties including psychological ones faced by both teachers and students [3]. Taking classes in videoconference mode instead of the conventional face-to-face classes have required from the participants a little more effort [2].

Using survey methods in this study we found out the degree of satisfaction of students with distance learning in general, the type of tasks that cause the greatest psychological difficulties, ways of organizing face-to-face training that help to adapt to distance learning more easily.

Using of a blended learning technology in teaching university students is especially relevant in an unstable epidemiological situation [4].

Having developed training courses containing presentations of grammatical material, instructional videos, tests and other tasks for 6 semesters on the platform lms.mai.ru in 2017, teachers of MAI received an opportunity to work in "flipped classroom". Hence, students have gained experience and skills of independent work with the electronic resource.

The results of the study which the 2d-year students of the MAI's School № 8 "Information Technology and Applied Mathematics" took part in showed that it is desirable to use blended learning methods during periods of relatively calm epidemiological situation more active. More than 80% of respondents who had experience of studying in "flipped classroom" easily adapted to the conditions of distance training.

Устойчивое состояние авиационной отрасли

Костыгова Л.А., Голов Р.С.
МАИ, г. Москва, Россия

Авиация является одной из ведущих отраслей промышленности. Она вместе с туристической и рядом других отраслей приняла основной вызов пандемии COVID-19. Закрытие границ и резкое снижение объемов туристического бизнеса особенно сильно сказалось на гражданской авиации. Военная авиация и гражданские грузовые перевозки пострадали меньше, сохраняя стабильность воздушного движения. Поэтому обеспечение устойчивого состояния авиационной отрасли связано, в первую очередь, со стабилизацией и последующим развитием гражданского сектора авиации и смежных обслуживающих его отраслей.

По оценке специалистов ожидать его полного восстановления можно будет не ранее 2023-2025 гг. Естественно, что для ускорения этого процесса необходим комплекс мер по поддержке отрасли. Экстренная финансовая помощь оказывалась гражданской авиации в большинстве стран в форме займов. В настоящее время ясно, что необходим комплекс мер, который должен содержать как регулярное содействие, так и преобразование отрасли. Этот процесс должен предполагать как оперативные организационные, так и долгосрочные инновационные меры, в том числе природоохранные.

Помощь со стороны государства в экстремальных ситуациях осуществляется в форме:

• Субсидий, компенсационных выплат (на зарплату персонала и т.п).

• Введения ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» понижающих коэффициентов на аэронавигационное обслуживание воздушных судов и снижения сборов.

• Моратория на подачу заявлений о банкротстве.

• Отсрочки уплаты налогов и страховых взносов, лизинговых платежей за воздушные суда;

• Продления действия разрешительных документов.

К организационным мерам следует отнести:

• Сокращение числа полетов.

• Перевозка грузов в пассажирской кабине.

• Вывод из парка малоэкономичных самолетов.

Необходимо создание и внедрение инноваций, таких как:

• Электрические и гибридно-электрические двигатели.

• Альтернативные двигательные установки.

• «зеленые» водородные и новые топливные элементы.

Отдельно следует выделить развитие внутреннего туризма как условие загруженности гражданских авиалиний.

Такой подход позволит поддерживать отрасль в экстремальных ситуациях и ускорить процесс ее восстановления.

The steady state of the aviation industry

Kostygova L.A., Golov R.S.
MAI, Moscow, Russia

Aviation is one of the leading industries. Together with tourism and a number of other industries, it has taken on the main challenge of the COVID-19 pandemic. The closure of borders and a sharp decline in the volume of tourist business have had a particularly strong impact on civil aviation. Military aviation and civilian cargo transportation suffered less, maintaining the stability of air traffic. Therefore, ensuring the stable state of the aviation industry is primarily associated with the stabilization and subsequent development of the civil aviation sector and related industries serving it.

According to experts, it will be possible to expect its full recovery no earlier than 2023-2025. Naturally, a set of measures to support the industry is needed to accelerate this process. Emergency financial assistance was provided to civil aviation in most countries in the form of loans. At present, it is clear that a set of measures is needed, which should contain both regular assistance and the transformation of the industry. This process should involve both operational organizational and long-term innovative measures, including environmental protection.

Assistance from the state in extreme situations is carried out in the form of:

• Subsidies, compensation payments (for staff salaries, etc.).

• Introduction of FSUE "State ATM Corporation" lowering coefficients for air navigation maintenance of aircraft and reduction of fees.

• A moratorium on filing bankruptcy applications.

• Deferred payment of taxes and insurance premiums, lease payments for aircraft.

• Extension of the validity of permits.

Organizational measures should include:

• Reduction of the number of flights.

• Cargo transportation in the passenger cabin.

• Withdrawal of low-cost aircraft from the fleet.

It is necessary to create and implement innovations, such as:

• Electric and hybrid-electric motors.

• Alternative propulsion systems.

• "Green" hydrogen and new fuel cells.

Separately, the development of domestic tourism should be highlighted as a condition for the congestion of civil airlines.

This approach will support the industry in extreme situations and speed up the process of its recovery.

Совершенствование конкурентоспособности на рынке бортового питания на примере ООО «Группа Компаний ПТИ»

Кочнева Л.В., Щеглова Д.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Новые ожидания потребителей, а также быстрые изменения на рынке бортового питания в условиях усилившейся конкуренции требуют новых перспективных решений от производителей. В полете в бортовом питании (еда и напитки, предлагаемые пассажирам на

борту в условиях замкнутого пространства, ограничения во времени и особенностей использования ресурсов, специфике требований к объему и весу) акцент ставится на качественные, сытные и полезные продукты. По данным последних исследований к 2030 году ожидается рост внимания к изменениям в бортовом питании. С одной стороны – качественное, свежее, вкусное питание, с другой – лояльная стоимость билета, включающая цену питания.

Одним из предприятий, производящих пищевые ингредиенты, используемые в бортовом питании, является ООО «Группа компаний ПТИ». В исследовании его работы выявлена проблема: конкурентоспособность ООО «Группа компаний ПТИ» на рынке бортового питания слабая и не растет из-за особенностей внутренней коммуникации персонала и существующей системы мотивации к труду.

Налаживание процесса эффективных внутренних коммуникаций и системы мотивации к труду поможет добиться высоких показателей работоспособности персонала и качества работы, к тому же это сделает организацию управляемой, предсказуемой и способной устоять перед вызовами. А это значит, скорректирует мотивационную политику организации и приведет к внедрению инновационных подходов, повышению конкурентоспособности и продвижению продукции ООО «Группа компаний ПТИ» на рынке.

Литература:

1. Официальный сайт компании ООО «Группа Компаний ПТИ» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.protein.ru.

2. Анализ рынка бортового питания. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://tpsa.ru/eto-interesno/globalniy-rinok-uslug-bo...

3. Кугушева М.Ю., Замиралова Е. В. Аудит и экономическая оценка ресурсного процесса авиакомпании с целью повышения ее конкурентоспособности. ЦИТИСЭ. eLIBRARY ID: 45645425. 2021. № 1 (27). С. 151-162.

4. Абдуразаков Ф.Х. Инструменты повышения конкурентоспособности авиакомпании // Инновационное развитие и потенциал современной науки. Материалы Междунар. науч. конф. - Нефтекамск: Научно-издательский дом "Мир науки". eLIBRARY ID: 42463568. 2020. - С. 74 - 81

5. Адлер Ю.П., Щепетова С.Е. Чего мы ждем от "системы экономики качества"? // Управление качеством. - eLIBRARY ID: 36783154. 2018. - № 9. - С. 70-77

Improving competitiveness in the in-flight catering market by the example of PTI Group of Companies LLC

Kochneva L.V., Shcheglova D.E.
MAI, Moscow, Russia

The rapid change in the direction of development of the in-flight catering market, as well as the desires of consumers, requires new promising solutions in this area. In flight, in in-flight meals (food and drinks offered to passengers on board in a confined space, time constraints and resource use patterns, specific requirements for volume and weight), the emphasis is on high-quality, satisfying and healthy products. After a forced slowdown in passenger air traffic, according to recent studies, the market will need 20,000 new aircraft by 2030, which will lead to an increase in attention to in-flight catering.

On the one hand - high-quality, fresh, tasty food, on the other – the loyal cost of the ticket. In this regard, well-coordinated and fruitful work of enterprises producing in-flight meals is relevant. One of these is LLC PTI Group of Companies. It manufactures food ingredients used by leading food manufacturers in all food industries. The study revealed a problem: the peculiarities of internal communication of personnel and the system of motivation to work, which do not contribute to the increase of the competitiveness of LLC PTI Group of Companies in the in-flight catering market. The team is divided into groups; unconstructive criticism and quarrels often occur. The corporate ethics of the organization and motivational policy are at a low level.

Establishing a process of effective internal communications and a system of motivation for work will help to achieve high performance indicators of personnel and quality of work, moreover, it will

make the organization manageable, predictable and able to withstand challenges. And this means, will lead to a reduction in financial costs.

References:

1. The official website of the company LLC "Group of Companies PTI" [Electronic resource] Access mode: http://www.protein.ru.

2. Analysis of the in-flight catering market. [Electronic resource] Access mode: http://tpsa.ru/eto-interesno/globalniy-rinok-uslug-bo...

3. Kugusheva M.Yu., Zamiralova EV Audit and economic assessment of the airline's resource process in order to increase its competitiveness. TSITISE. eLIBRARY ID: 45645425.2021.No. 1 (27). S. 151-162.

4. Abdurazakov F.Kh. Instruments for increasing the competitiveness of an airline // Innovative development and the potential of modern science. Materials of the International scientific. conf. - Neftekamsk: Scientific Publishing House "World of Science". eLIBRARY ID: 42463568.2020 .— P. 74 - 81

5. Adler Yu.P., Shchepetova S.E. What do we expect from the "quality economy system"? // Quality control. - eLIBRARY ID: 36783154.2018 .— No. 9. - P. 70-77

Проектирование организационной структуры системы управления энергетической эффективностью на основе технологий цифровой трансформации энергосбережения

Кошелев А.С.

МАИ, г. Москва, Россия

Ограниченность энергетических ресурсов и переход производственных предприятий на новый технологический уклад индустрии 4.0 требует цифровизации основных процессов управления высокотехнологическим предприятием. Основываясь на вышеизложенном необходимо разработать организационную структуру системы управления энергетической эффективностью на основе технологий цифровой трансформации энергосбережения. Структура должна базироваться на стратегической системе планов комплексного повышения энергоэффективности высокотехнологичного предприятия. Основным условием при проектировании организационной структуры является создание комплекса взаимосвязанных цифровых технологий, которые позволят перевести управление энергохозяйством предприятия в цифровое пространство для наиболее эффективного управления им. Такой подход позволит автоматизировать большинство технических функций предприятия, которые в свою очередь положительно повлияют на повышении уровня энергоэффективности при производстве продукции. Автором разработана двухуровневая схема организационной структуры системы управления энергоэффективностью предприятия. Ядром схемы является киберфизическая система управления, включающая в себя ряд взаимосвязанных подсистем управления, базирующихся на передовых цифровых технологиях. В статье описывается каждая подсистема по отдельности: принадлежность в киберфизической системе, какие технологии применяются для функционирования и т.д. Так же описываются новые технологии взаимодействия системы (передача информации, управляющего воздействия), предлагается использование цифровой технологии – цифрового двойника предприятия и его преимуществах для управления предприятием. Реализация автоматической системы управления энергоэффективностью позволит перевести производственные процессы высокопромышленного предприятия в цифровое пространство с целью оптимизации вырабатываемого количества и качества энергоресурсов, повышения безопасности через системы оповещения о грядущем выходе из строя оборудования, снижения энергоемкости конечного продукта.

Designing the organizational structure of the energy efficiency management system based on digital transformation technologies of energy saving

Koshelev A.S.
MAI, Moscow, Russia

The limited energy resources and the transition of manufacturing enterprises to a new technological way of industry 4.0 require digitalization of the main management processes of a high-tech enterprise. Based on the above, it is necessary to develop the organizational structure of the energy efficiency management system based on the technologies of digital transformation of energy saving. The structure should be based on a strategic system of plans for a comprehensive energy efficiency improvement of a high-tech enterprise. The main condition for the design of the organizational structure is the creation of a complex of interconnected digital technologies that will allow transferring the management of the energy economy of the enterprise into the digital space for the most effective management of it. This approach will allow automating most of the technical functions of the enterprise, which in turn will have a positive impact on increasing the level of energy efficiency in the production of products. The author has developed a two-level scheme of the organizational structure of the energy efficiency management system of the enterprise. The core of the scheme is a cyber-physical control system, which includes a number of interconnected control subsystems based on advanced digital technologies. The article describes each subsystem separately: belonging to a cyber-physical system, which technologies are used for functioning, etc. The new technologies of system interaction (information transfer, control action) are also described, the use of digital technology – the digital twin of the enterprise and its advantages for enterprise management is proposed. The implementation of an automatic energy efficiency management system will make it possible to transfer the production processes of a highly industrial enterprise into the digital space in order to optimize the quantity and quality of energy resources produced, increase safety through notification systems about the impending equipment failure, and reduce the energy intensity of the final product.

Новые возможности метода выявления скрытых конфликтов среди сотрудников

[1]Краев В.М., [2]Коновалова О.В.
[1]МАИ, [2]Финансовый университет, г. Москва, Россия

Высокая концентрация человеческих ресурсов в наукоемких областях, таких как авиастроение, демонстрирует высокий уровень рисков, связанных персоналом. К таким рискам в первую очередь относятся риск возникновения конфликтов. В исследованиях, проведенных ранее предлагалась модель выявления конфликтов на самой ранней стадии [1]. Для расчетов указанной модели требуются данные по опросам сотрудников. На основании полученных данным предлагается внедрение нового подхода в области управления персоналом.

Проблема формирования кадрового резерва для быстрорастущих или трансформирующихся компаний стоит остро. К составу кадрового резерва предъявляются достаточно высокие требования. Кандидат должен быть хорошо знаком со спецификой продукции предприятия, технологическими процессами, управленческой структурой и т.д. [2]. Однако самым важным критерием будущего руководителя является его внутренняя неудовлетворенность текущей ситуацией в подразделении при одновременном условии уважении со стороны окружающих коллег.

В ранее предложенной методике выявления конфликтов на ранней стадии [3] было предложено использование т.н. кросс-корреляционных параметров на основании опросных данных. Такой подход позволяет выявлять конфликтующие пары на общем фоне оценок.

Предлагаются новые возможности анализа уже полученных данных. В основе предлагаемого метода лежит подход взаимной оценки между субъектами опроса. Положительным результатом и основанием для привлечения сотрудника в кадровый резерв руководителей считается такая взаимная оценка сотрудников, когда сам сотрудник оценивает работу своих коллег ниже среднего уровня, а окружающие его коллеги оценивают его высоко. Прямо противоположные оценки, т.е. когда сотрудник оценивает всех окружающих высоко, а

они, в свою очередь, относятся к нему критически. При наличии таких данных стоит задуматься о переводе сотрудника в другое подразделение, сменить его функционал или повысить его профессиональные знания.

Предлагаемое решение основано на новом способе обработки опросных данных. Является незатратным и простым решением для формирования кадрового резерва компании авиастроительной отрасли.

Литература:

1. Краев В.М., Тихонов А.И. Управленческое консультирование на предприятиях аэрокосмической промышленности Учебно-методическое пособие / Ставрополь, ЛОГОС.2017.

2. Краев В. М., Тихонов А.И. Риск-менеджмент в управлении кадрами // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2016. – № 8-2(21). – С. 22-25.

3. Алексеева П. А., Краев В.М. Современные модели снижения конфликтности персонала предприятий аэрокосмического комплекса // Московский экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 28. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10004.

New features of hidden conflicts identification method among employees

[1]Kraev V.M., [2]Konovalova O.V.

[1]MAI, [2]Financial University, Moscow, Russia

The high concentration of human resources in high-tech areas, such as aircraft engeneering, demonstrates a high level of risks associated with personnel. Such risks primarily include the risk of personal conflicts. In studies conducted earlier, a model for detecting conflicts at the earliest stage was proposed [1]. The calculations of this model require data from employee surveys. Based on the data obtained, it is proposed to introduce a new approach in the field of personnel management.

The problem of forming a personnel pool for fast-growing or transforming companies is acute. Quite high requirements are imposed on the personnel pool creation. The candidate must be well acquainted with the specifics of the company's products, technological processes, management structure, etc. [2]. However, the most important criterion for a future manager is his internal dissatisfaction with the current situation in the department, while at the same time being respected by surrounding colleagues.

In the previously proposed method of detecting conflicts at an early stage [3], the use of so-called cross-correlation parameters based on survey data was proposed. This approach makes it possible to identify conflicting pairs against the general background of assessments.

New possibilities for analyzing the data already obtained are offered. The proposed method is based on the approach of mutual assessment between the survey subjects. A positive result and the basis for attracting an employee to the personnel reserve of managers is such a mutual assessment of employees, when the employee himself evaluates the work of his colleagues below the average level, and the colleagues around him rate him highly. Directly opposite assessments, i.e. when an employee evaluates everyone around him highly, and they, in turn, treat him critically. In the presence of such data, it is worth considering transferring an employee to another department, changing his functionality or improving his professional knowledge.

The proposed solution is based on a new way of processing survey data. It is an inexpensive and simple solution for the formation of a personnel reserve of an aircraft industry company.

References:

1. Kraev V. M., Tikhonov A. I. Management consulting at the enterprises of the aerospace industry Educational and methodological manual / Stavropol, LOGOS. 2017.

2. Kraev V. M., Tikhonov A. I. Risk management in personnel management / / Competitiveness in the global world: economics, science, technologies. – 2016. – № 8-2(21). – P. 22-25.

3. Alekseeva P. A., Kraev V. M. Modern models of reducing the conflict of personnel of enterprises of the aerospace complex // Moscow Economic Journal. - 2021. - No. 1. - p. 28 – - DOI 10.24411/2413-046X-2021-10004.

Особенности дистанционного формата преподавания в МАИ как способ подготовки кадров для авиационной отрасли в период короновирусных ограничений

Краснянский Д.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Короновирусная инфекция охватила все страны и континенты планеты Земля. Очень быстро приобрела характер пандемии. Одним из средств борьбы с этой угрозой стало применение способов борьбы с эпидемиями – карантинные мероприятия, локдауны и ограничения, которые кардинально поменяли привычный образ жизни людей. Это обуславливает актуальность исследования.

Одна из областей нашей жизни, которая претерпела серьезные изменения, стала сфера образования. Так как короновирусные ограничения в серьезной степени повлияли на привычный учебно-педагогический процесс. Университетская система очного обучения была вынужденно перенесена в дистанционный формат.

До пандемийного времени дистанционный формат обучения в рамках Высшей школы присутствовал, но как дополнительное средство обучения. Большую часть нагрузки нес очный формат.

Изменившиеся обстоятельства поставили целый ряд вопросов, что определяет проблему исследования. Как изменившиеся средства влияют на студентов и преподавателей, в чем отличие дистанционного и очного формата преподавания, какие сложности несет процесс более массового внедрения в образовательный процесс дистанционных средств и платформ обучения. Плюсы и минусы разных дистанционных средств/платформ. В конечном итоге возникает и вопрос эффективности разных способов обучения.

В 2020 году и весеннем семестре 2021 года в период дистанционного формата обучения студентов обучающихся по направлению подготовки «Реклама и связи с общественностью» была задействована дистанционная платформа Тимс.

Целью работы является анализ проблем, которые возникли при экстренном и масштабном переходе на дистанционный формат преподавания в МАИ: как изменившиеся средства влияют на студентов и преподавателей, в чем отличие дистанционного и очного формата преподавания, какие сложности несет процесс более массового внедрения в образовательный процесс дистанционных средств и платформ обучения, плюсы и минусы разных дистанционных ресурсов, эффективность разных способов обучения.

В рамках исследования были проанализированы данные по работе студентов 1, 2, 3 курсов очного обучения по направлению подготовки «Реклама и Связи с общественностью», а также студентов 1, 2, 3, 4 курсов очно-заочного обучения по направлению подготовки «Реклама и Связи с общественностью» в дистанционном формате при использовании платформы Тимс. Подвергались анализу посещение лекций, работа на семинарах, выполнение письменных ДЗ. Также были проведены фокус-групповые исследования отношения студентов к работе в онлайн-формате.

Таким образом, период пандемии и короновирусных ограничений стал своеобразной проверкой всей системы дистанционного образования, а также возможностью задействовать онлайн-формат как оптимальный инструмент продолжать продуктивную подготовку кадров в высшей школе в чрезвычайных обстоятельствах. Особенно важно, это для технических вузов, таких как МАИ, где вызовы времени требуют соответствующей адаптации учебно-педагогического процесса в интересах подготовки компетентных кадров. Стремительный и вынужденный переход на дистанционное обучение стал новым шагом в развитии такого обучения. Для многих студентов и преподавателей такой опыт стал новым и необычным. Онлайн-формат преподавания показал и позитивные тенденции перехода на дистанционное обучение. Во-первых, это меньшая усталость от занятий для студентов, во-вторых, большая доступность преподавателей для консультации по сложным вопросам дисциплины, в-третьих, более щадящий дневной график.

Features of the remote teaching format in MAI as a way of training personnel for the aviation industry during the period of coronavirus restrictions

Krasnyanskij D.E.
MAI, Moscow, Russia

Features of the distance teaching format in MAI as a way of training personnel for the aviation industry during the period of coronavirus restrictions

As you know, coronavirus infection, which appeared in China in the autumn-winter period of 2019-2020, did not remain a local phenomenon, and in winter in the spring of 2020 it covered all countries and continents of the planet Earth. Very quickly, it acquired the character of a pandemic, which was recognized by both national governments and international organizations, for example, the World Health Organization. One of the means to combat this threat was the use of proven methods of combating epidemics in the Middle Ages and Modern times – quarantine measures, lockdowns and various restrictions that radically changed the habitual way of life of people. This determines the relevance of the study.

One of the areas of our life that has undergone major changes has become the field of education. Since coronavirus restrictions have had a very serious impact on the usual educational and pedagogical process. The centuries-old university system of full-time education, which is based on lectures and seminars, was forced to be transferred to a distance format.

Before the pandemic, the distance learning format within the framework of Higher Education was present, but as an additional means of learning. Most of the load, of course, was carried by the face-to-face format.

The changed circumstances have raised a number of questions, which determines the problem of the study. How do the changed means affect students and teachers, what is the difference between distance and full-time teaching formats, what difficulties does the process of more widespread introduction of distance learning tools and platforms into the educational process bring? Pros and cons of different remote means/platforms. Ultimately, the question of the effectiveness of different ways of learning also arises.

In 2020 and the spring semester of 2021, during the distance learning format of students studying in the field of training "Advertising and Public Relations", the Tims remote platform was used.

Conclusions:

Thus, the period of the pandemic and coronavirus restrictions has become a kind of test of the entire distance education system, as well as an opportunity to use the online format as the optimal tool to continue productive training in higher education in emergency circumstances. This is especially important for technical universities, such as MAI, where the challenges of the time require appropriate adaptation of the educational and pedagogical process in the interests of training competent personnel. The rapid and forced transition to distance learning has become a new step in the development of such training. For many students and teachers, such an experience has become new and unusual. In addition to the well-known difficulties, the online teaching format has also shown positive trends in the transition to distance learning. Firstly, it means less fatigue from classes for students, secondly, greater availability of teachers for advice on complex discipline issues, and thirdly, a more gentle daily schedule.

Социологический мониторинг социальных проблем на авиапредприятиях

Латышева В.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Социальная среда предприятий авиации и космоса чрезвычайно чувствительна к изменениям внешней среды. В связи с этим возрастает роль социологических инструментов по её диагностике, позволяющих оперативно осуществлять мониторинг. Применение традиционных и интернет-технологий в реализации анкетирования, фокус-групп, экспертных опросов, анализа документов, тестовых методик позволяет не только диагностировать организационные, кадровые, межличностные проблемы, но и выявить предпосылки их формирования и предупредить углубление. Во многом благодаря этому получают научную подоплеку управленческие решения. Поэтому сегодня есть все основания утверждать, что

наряду с классическими функциями менеджера, названными еще А. Файолем – планирование, организация, распределение, координация, контроль – современный менеджер выполняет исследовательскую функцию.

Так, в ходе исследования проблемной ситуации, сложившейся на одном из предприятий ОАК, выявлено снижение производительности труда, причины которого оказались связаны с негативным отношением работников к производственным ценностям. Индикаторами их изучения стали условия труда, содержание труда, организация труда, мотивация к труду и другие. Исследование проводилось методами анкетирования, тестирования и экспертной оценки. Выборка составила 150 человек.

Полученные эмпирические данные показали существенное несовпадение ожиданий и реальности в отношении ценностей бюрократической, рыночной культур и адхократической культур: текущее состояние характеризуется доминированием бюрократической культуры (42%), в то время как в ожиданиях персонала предпочтения отданы ценностям рыночной и адхократической культур (51%). Больше половины работников (56%) оказались не удовлетворены содержанием труда, 40% – перспективами роста, 39% респондентов отметили недостаточность интереса администрации к улучшению условий труда. Таким образом, исследование показало, что неудовлетворенность работников наиболее значимыми элементами труда (содержание труда, перспективы профессионального и карьерного роста) приводит к снижению производительности.

Sociological monitoring of social problems at air enterprises

Latysheva V.V.
MAI, Moscow, Russia

The social environment of aviation and space enterprises is extremely sensitive to changes in the external environment. In this regard, the role of sociological tools for its diagnosis is increasing, allowing for rapid monitoring. The use of traditional and Internet technologies in the implementation of questionnaires, focus groups, expert surveys, document analysis, test methods allows not only to diagnose organizational, personnel, interpersonal problems, but also to identify the prerequisites for their formation and prevent deepening. Largely due to this, management decisions receive a scientific background. Therefore, today there is every reason to assert that along with the classical functions of a manager, also named by A. Fayol – planning, organization, distribution, coordination, control – a modern manager performs a research function.

During the study of the problematic situation at one of the Roscosmos enterprises, a decrease in labor productivity was revealed, the reasons for which were associated with the negative attitude of workers to production values. Working conditions, labor content, labor organization, labor motivation and others became indicators of their study. The research was carried out by the methods of questioning, testing and expert assessment. The sample consisted of 150 people.

The empirical data obtained showed a significant mismatch between expectations and reality regarding the values of bureaucratic, market cultures and adhocratic cultures: the current state is characterized by the dominance of bureaucratic culture (42%), while in the expectations of staff, preference is given to the values of market and adhocratic cultures (51%). More than half of employees (56%) were not satisfied with the content of labor, 40% – with the prospects for growth, 39% of respondents noted the lack of interest of the administration in improving working conditions. Thus, the study showed that the dissatisfaction of workers with the most significant elements of labor (content of labor, prospects for professional and career growth) leads to a decrease in productivity.

Психологические аспекты дополненной реальности в летной деятельности

Лысаков Н.Д., Лысакова Е.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

Технология дополненной реальности в условиях летной эксплуатации воздушного судна – это цифровое отображение закабинной информации реально существующих объектов, которые по причине сложной пространственно-временной организации деятельности или по неблагоприятным метеорологическим условиям не могут быть оперативно и объективно

восприняты пилотом, поэтому воспроизводятся техническими средствами в реальном масштабе по месту и времени. Для авиационной психологии дополненная реальность является предметом исследования психологических аспектов положительного и отрицательного влияния на летную деятельность, поскольку наряду с очевидными возможностями повышения профессиональной надежности летчика существует опасность развития психологической зависимости от данной технологии, и как следствие – появление грубых ошибок в технике пилотирования и навигации.

Целью эмпирического исследования стало выявление психологических аспектов дополненной реальности как технологии, применяемой в летной деятельности на высокоавтоматизированных самолетах. Использовались методы опроса и беседы. Выборка составила 65 человек, из них пилоты гражданской авиации (N=32), летчики-испытатели (N=3), инженерно-технический персонал авиакомпаний (N=30). С помощью метода беседы выяснялся уровень осведомленности о дополненной реальности. Затем испытуемым задавался вопрос: «Назовите возможные положительные и отрицательные стороны применения технологии дополненной реальности в полете». Определялась относительная частота высказываний от общего их числа, выраженная в процентах. В итоге был составлен рейтинг высказываний по категориям «Положительные стороны» и «Отрицательные стороны».

Наиболее вероятными положительными сторонами применения дополненной реальности в полете испытуемые считают снижение психологической напряженности на ответственных этапах полета; повышение качества и скорости принятия решений в воздухе; возможность более точного контроля воздушной обстановки. Наиболее вероятными отрицательными сторонами применения дополненной реальности названы снижение готовности пилота к переходу на ручное управление в случае отказа компьютера и визуализации; снижение уровня познавательной активности в полете; снижение личной ответственности пилота к выполнению элементов полета в сложных условиях. Летчики-испытатели указали более полный перечень преимуществ и рисков дополненной реальности.

Psychological aspects of augmented reality in flight activity

Lyssakov N.D., Lyssakova E.N.
MAI, Moscow, Russia

The technology of augmented reality in the flight operation of an aircraft is a digital display of cockpit external environment information of really existing objects, which due to the complex spatio-temporal organization of activity or adverse weather conditions cannot be quickly and objectively accepted by the pilot, therefore they are reproduced by technical means in real scale place and time. There are options for displaying information on the windshield, on the glass of a pilot's helmet (military and aviation power departments) or glasses. An urgent task for aviation psychology is the study of the psychological aspects of the advantages and disadvantages of augmented reality on flight activity, since along with the obvious opportunities to increase the professional reliability of the pilot, there is a danger of the development of psychological dependence on this technology, and as a result, the appearance of big errors in the technique of piloting and navigation.

The aim of the study was to identify the psychological aspects of the benefits and risks of augmented reality as a technology used in flight activities on highly automated aircraft. Interviewing and conversation methods were used. The sample consisted of 65 people, including civil aviation pilots (N = 32), test pilots (N = 3) and engineering and technical personnel of airlines (N = 30). Using the method of conversation, the level of awareness of augmented reality was found. Then there were the question: "What are the possible positive and negative aspects of the application of augmented reality technology in flight." As a result, a rating of statements was compiled in the categories of “Advantages” and “Disadvantages”.

The most likely advantages of using augmented reality in flight are the following: decrease in psychological tension at critical stages of the flight; improving the quality and speed of decision-making in the air; possibility of more precise control of the air situation. The most probable disadvantage of the application of augmented reality are the following: reduction in the pilot's readiness to switch to manual control in the event of a computer failure and visualization; decrease

in the level of cognitive activity in flight and reducing the pilot's personal responsibility for performing flight elements in difficult conditions. Test pilots have indicated a more complete list of the benefits and risks of augmented reality.

Репрезентация категории времени в научно-технических текстах авиационной направленности на английском языке

Макарова В.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Темпоральная структура текста формируется различными языковыми средствами. Мы рассмотрим грамматические средства репрезентации категории времени, а именно, проанализируем основные видо-временные глагольные формы, используемые в английской авиационной научно-технической литературе. Объектом изучения выступает категория времени английского языка, а предметом – видо-временные формы глагола как средства выражения категории времени в научных статьях в сфере авиации на английском языке.

Поскольку наличие темпоральной рамки художественного времени не свойственно научно-техническим текстам, именно видо-временные формы глагола в силу своей природы являются основными грамматическими средствами выражения темпоральности в таких текстах. Глагольная форма в английском языке передает в первую очередь время грамматическое, т.е. на каком отрезке темпоральной оси находится действие, выраженное определенной формой глагола, по отношению к моменту речи. Ввиду того, что в языке действие характеризуется не только временем протекания (past, present, future), но и характером протекания, в английских научных текстах авиационной направленности в зависимости от способа своего протекания действие описывается разными видовыми формами, акцентируясь на длительности (Continuous), результате (Perfect), факте (Indefinite) или результате-длительности (Perfect Continuous).

В авиационных научных текстах форма Present Indefinite часто выражает вневременный характер действия и используется для описания события или явления, существующего без изменений в любой отрезок времени в прошлом, настоящем или будущем. Прошедшее время группы Indefinite и Continuous используется при описании конкретного завершенного действия или процесса, в котором важна последовательность действий, (напр., ход эксперимента) и при представлении полученных результатов. При описании будущего времени может использоваться как категория модальности, так и аналитические формы будущего времени (в основном Future Indefinite). Перфектные формы выражают некое действие, связанное с последующим моментом или действием, т.е. предшествующее действие определяет последующее действие или момент. Так, в научной литературе принято использовать форму Present Perfect при упоминании предыдущих работ, актуальных на данный момент.

Итак, категория времени в англоязычных научных статьях в области авиации реализуется посредством сложной системы видо-временных глагольных форм, по-разному характеризующих время и характер протекания описываемого действия.

Representation of time category in the English-language aeronautical scientific and technical texts

Makarova V.A.
MAI, Moscow, Russia

The temporal structure of the text is formed by various linguistic means. We will focus on the grammatical means of the time category representation, namely, we will analyze the main tense-aspect verb forms used in English scientific and technical aeronautical literature. The object of the study is the time category in English, and the subjects are tense-aspect verb forms as means of expressing the time category in English-language scientific articles in the field of aviation.

Due to the lack of a temporal frame of literary time in scientific and technical texts, the tense-aspect verb forms are intrinsically the main grammatical means of expressing temporality in such texts. In the English language, the verb form primarily conveys the grammatical tense, so it shows the time

when the action expressed by a particular verb form occurs in relation to the speech time (present). However, since in a language the verb expresses not only temporal information about the action (past, present, future) but also the internal temporal constituency of a situation (aspect), in English scientific aeronautical texts the action is described by different tense-aspect forms focusing on process (Continuous), result (Perfect), fact (Indefinite) or result-process (Perfect Continuous).

In aeronautical scientific texts, for example, the Present Indefinite tense often expresses the timelessness of an action and describes an unchanging event or state at any time in the past, present, or future. The Past Indefinite tense and Past Continuous tense are used when describing a specific completed action or process in which the sequence of actions is important (for example, when describing the progress of an experiment) and when presenting the results obtained. When describing the future, both the modality and the analytical forms of the future tense (mainly Future Indefinite) can be used. The Perfect verb forms express an action associated with a subsequent moment or action, therefore the preceding action determines the subsequent action or moment. For instance, in scientific literature, it is customary to use the Present Perfect tense when referring to previous works that are presently relevant.

Thus, the time category in English-language scientific articles in the field of aviation is realized through a complex system of tense-aspect verb forms, differently characterizing the time and nature of the described action.

Стратегии социального развития предприятий

Матешук А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Разработка социальной стратегии предприятия предполагает учёт множества внешних и внутренних факторов. При классификации видов социальных стратегий предлагается исходить из уровня социального развития предприятия. На основе анализа предлагаемых в научной литературе видов социальных стратегий, а также обобщения опыта социального управления предприятиями, социальных отчётов предлагается различать базовую, конкурентную, лидерскую стратегии и стратегию устойчивости. Основные критерии различия данных стратегий и направления социального развития компании на их основе представляются следующими.

Базовая стратегия: уровень социального развития предприятия – минимальный, социальная миссия предприятия – производство благ и создание рабочих мест, объект социального менеджмента – социальная сфера предприятия, цель социального менеджмента – качество трудовой жизни работников, инструменты – совершенствование социальной структуры коллектива, обучение, стимулирование труда, поддержание дисциплины, безопасные условия труда, социальная инфраструктура, социально психологический климат, показатели достижения целей – низкая текучесть кадров, высокая производительность труда; социальный эффект – удовлетворённость трудом.

Конкурентная стратегия: уровень социального развития предприятия – нормальный, социальная миссия предприятия – качество продукции и трудовой потенциал коллектива, объект социального менеджмента – социальная политика компании, цель социального менеджмента – конкурентность работодателя, инструменты – гарантии занятости, социальное партнёрство, коллективный договор, социальная защита, социальный пакет, корпоративные социальные программы, показатели достижения целей – трудовой потенциал предприятия и качество продукции; социальный эффект – преданность персонала.

Лидерская стратегия: уровень социального развития предприятия – высокий, социальная миссия предприятия – инновационная продукция и развитие компетенций, объект социального менеджмента – социальные ресурсы организации, цель социального менеджмента – формирование ключевой компетенции, инструменты – управление знаниями, командный и коммуникационный менеджмент, охрана интеллектуальной собственности, участие в капитале; показатели достижения целей – нематериальные активы; социальный эффект – вовлечённость сотрудников.

Стратегия устойчивости: уровень социального развития предприятия – максимальный, социальная миссия предприятия – соответствие ожиданиям стейкхолдеров и других заинтересованных сторон, объект социального менеджмента – социальная ответственность бизнеса, цель социального менеджмента – устойчивое развитие компании, инструменты – социальные инвестиции, управление социальными и экологическими рисками, ответственные деловые практики, участие в жизни местного сообщества, государственно-частное партнёрство; показатели достижения целей – объём социальных инвестиций, рейтинг социального отчёта; социальный эффект – деловая репутация компании.

Strategies of social development of the enterprise

Mateshuk A.A.
MAI, Moscow, Russia

The development of the company's social strategy involves taking into account a variety of external and internal factors. When classifying the types of social strategies, it is proposed to proceed from the level of social development of the enterprise. Based on the analysis of the types of social strategies proposed in the scientific literature, as well as generalization of the experience of social management of enterprises, social reports, it is proposed to distinguish between basic, competitive, leadership strategies and sustainability strategies. The main criteria for distinguishing these strategies and the direction of the company's social development based on them are as follows.

Basic strategy: the level of social development of the enterprise is minimal, the social mission of the enterprise is the production of goods and the creation of jobs, the object of social management is the social sphere of the enterprise, the purpose of social management is the quality of working life of employees, tools are the improvement of the social structure of the collective, training, labor stimulation, discipline maintenance, safe working conditions, social infrastructure, socio psychological climate, indicators of achievement of goals – low staff turnover, high labor productivity; the social effect is job satisfaction.

Competitive strategy: the level of social development of the enterprise is normal, the social mission of the enterprise is the quality of products and the labor potential of the collective, the object of social management is the social policy of the company, the purpose of social management is the competitiveness of the employer, tools are employment guarantees, social partnership, collective agreement, social protection, social package, corporate social programs, indicators of achievement of goals – the labor potential of the enterprise and the quality of products; social effect is the dedication of the staff.

Leadership strategy: the level of social development of the enterprise is high, the social mission of the enterprise is innovative products and the development of competencies, the object of social management is the social resources of the organization, the purpose of social management is the formation of key competence, tools are knowledge management, team and communication management, intellectual property protection, participation in capital; indicators of achievement of goals are intangible assets; social effect is employee engagement.

Sustainability strategy: the level of social development of the enterprise is the maximum, the social mission of the enterprise is compliance with the expectations of stakeholders and other stakeholders, the object of social management is the social responsibility of business, the purpose of social management is the sustainable development of the company, tools are social investments, social and environmental risk management, responsible business practices, participation in the life of the local community, public-private partnership; indicators of achievement of goals are the volume of social investments, the rating of the social report; the social effect is the business reputation of the company.

Роль социальных сетей в деятельности российских авиакомпаний в период пандемии коронавируса (COVID-19)

Маурина Т.С.
МАИ, г. Москва, Россия

В последнее время все большую популярность среди Интернет-пользователей приобретают социальные сети. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что

социальными сетями уже охвачено более половины всех пользователей Интернета. Еще задолго до ситуации с пандемией коронавируса, различные онлайн площадки давали возможность организациям продвигать свои услуги, знакомить пользователей с их продуктами и услугами. В 2020 году роль социальных сетей в бизнесе возросла неоднократно. Тем самым подтверждается актуальность, что в связи с переносом большинства бизнесов на онлайн формат, социальные сети предоставляют для рекламодателя фактически безграничные возможности. С помощью них возможно выстроить общение с клиентами компании, что стало одним из важнейших факторов в период коронавирусной инфекции.

Интересным представляется тот факт, что сегодня, социальные сети дают возможность компаниям (в особенности авиакомпаниям) строить долгосрочные отношения со своими клиентами, укреплять их лояльность, управлять репутацией компании, увеличивать продажи и решать многие другие задачи по развитию бизнеса. Для эффективного взаимодействия с аудиторией авиакомпании могут создавать сообщества бренда в социальных сетях, которые в последующем могут стать официальными представительствами компании для общения с аудиторией. Таким образом, бренд-сообщества помогают укрепить бренд авиакомпании и повысить лояльность клиентов.

Сообщество «Мой Аэрофлот» в социальной сети «ВКонтакте» предоставляет возможность участникам сообщества задать интересующий вопрос сотрудникам компании, поделиться своим опытом взаимодействия с авиакомпании, а также решить любые вопросы связанные перелетами. Во время коронавирусной инфекции авиакомпания «Аэрофлот - российские авиалинии» публиковала различные видеоролики с лидерами мнений, которые обращались к сотрудникам авиакомпании со словами поддержки. Авиакомпания «S7 Airlines» проводит различные конкурсы в социальных сетях.

Проанализировав страницы социальных сетей авиакомпаний, можно отметить, что большинство постов посвящены местам и достопримечательностям, куда можно отправиться, информации о появлении новых прямых рейсов, распродажам билетов. Следует признать, что в период пандемии коронавируса (Covid-19) социальные сети стали основным способом взаимодействия между авиакомпаниями их клиентами.

1. Емельянов С.М. Теория и практика связей с общественностью: учебное пособие для вузов – Москва: Издательство Юрайт, 2020.. — 197 с. – (Высшее образование). – Текст: непосредственный.

2. Аэрофлот - Российские авиалинии. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.aeroflot.ru/ru-ru/news/61925 (Дата обращения: 10.09.2021).

3. S7 Airlines [Электронный ресурс]. Режим доступа::://www.s7.ru/ru/news/S7-Airlines-v-novoy-reklamnoy-kampanii-vdokhnovlyaet-posmotret-kak-prekrasen-etot-mir/ (Дата обращения 25.06.2021).

4. Реклама в социальных сетя. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://amdg.ru/blog/reklama-v-socialnyh-setyah/ (Дата обращения 15.09.2021).

The role of social networks in the activities of Russian airlines during the coronavirus pandemic (COVID-19)

Maurina T.S.
MAI, Moscow, Russia

Recently, social networks have become increasingly popular among Internet users. The results of numerous studies show that more than half of all Internet users are already covered by social networks. Long before the situation with the coronavirus pandemic, various online platforms gave organizations the opportunity to promote their services, introduce users to their products and services. In 2020, the role of social networks in business has increased repeatedly. This confirms the relevance that due to the transfer of most businesses to the online format, social networks provide virtually limitless opportunities for the advertiser. With the help of them, it is possible to build communication with the company's customers, which has become one of the most important factors during the period of coronavirus infection.

It is interesting that today, social networks enable companies (especially airlines) to build long-term relationships with their customers, strengthen their loyalty, manage the company's reputation, increase sales and solve many other business development tasks. For effective interaction with the audience, airlines can create brand communities on social networks, which can later become official representative offices of the company to communicate with the audience. Thus, brand communities help strengthen the airline's brand and increase customer loyalty.

The “My Aeroflot” community on the “VK” social network provides an opportunity for community members to ask a question to the company's employees, share their experience of interacting with the airline, as well as resolve any issues related to flights. During the coronavirus infection, «Aeroflot - Russian Airlines» published various videos with opinion leaders who addressed the airline's employees with words of support. The airline “S7 Airlines” holds various contests on social networks.

After analyzing the social media pages of airlines, it can be noted that most of the posts are devoted to places and attractions where you can go, information about the appearance of new direct flights, ticket sales. It should be recognized that during the coronavirus pandemic (Covid-19), social networks have become the main way of interaction between airlines and their customers.

Инновационные пути привлечения инвестиций для космических исследований

Мезина Н.А., Шакин А.Д., Еропкин А.М., Зубеева Е.В.
MAI, г. Москва, Россия

Человечество существует более 200 000 лет, всё это время люди занимаются изучением окружающей среды. Как результат, суша изучена на 98%, водные ресурсы на 5%, а космос – менее чем на 1%.

Изучение космоса – это очень дорогое удовольствие, поэтому большинство открытий делается с поверхности Земли. Для более подробного изучение и освоения космоса требуется использование космических кораблей, ракет, спутников, что требует огромных средств. Где найти дополнительные источники финансирования таких программ. Один из способов – это привлечение частных инвесторов, но для этого необходима их личная заинтересованность.

В данный момент наблюдается интересная тенденция по развитию космического туризма. Миллиардеры Ричард Брэнсон и Джефф Безос, организовали между собой соревнование по полёту в космическое пространство. Брэнсон полетел 11 июля 2021, а Безос 20 июля того же года. Оба полёта прошли успешно, но стали достаточно обсуждаемыми из-за спора, развернувшегося вокруг них.

В Америке, компанией SpaceX, к концу марта 2021 года был собран первый в мире полностью гражданский космический экипаж, полёт которого состоялся 16 сентября 2021 года. Космические туристы бесцельно вращались вокруг Земли в течение трёх суток, а затем успешно вернулись на Землю.

Роскосмос, независимо от соревнований миллиардеров и Американской космической программы ещё в сентябре 2020 года объявил о наборе участников для российского проекта «Вызов». В планах было подготовить непрофессионалов за короткий период для полёта в космос и решения сложных задач. Полёт состоялся 5 октября 2021 года. Съёмочная группа, подготовленная по ускоренной программе для космических туристов, под руководством опытного космонавта успешно пристыковалась к МКС, где они в течение 12 дней вели работу над первым в мире художественным фильмом, снятом в космосе.

В целом, 2021 год можно назвать годом активного развития всемирного космического туризма и новым этапом в космической гонке. Привлечение большего внимания и инвестиций к космическому туризму и данной отрасли в целом, позволит продвинуться в её изучение и сделать новые открытия, «ведь после стольких находок в океанах и на суше разве не пора ли нам исследовать бескрайние ресурсы неба»?

Innovative ways to attract investment for space research

Mezina N.A., Shakin A.D., Eropkin A.M., Zubeeva E.V.
MAI, Moscow, Russia

Humanity has existed for more than 200,000 years, all this time people have been studying the environment. As a result, the land has been studied by 98%, water resources by 5% and space is less than 1%.

Space exploration is a very expensive, so most discoveries are made from the surface of the Earth. For a more detailed study and exploration of space, the use of spaceships, rockets, satellites is required, which requires huge funds. Where to find additional sources of funding for such programs. One way is to attract private investors, but this requires their personal interest.

At the moment, there is an interesting trend in the development of space tourism. Billionaires Richard Branson and Jeff Bezos, organized a competition between themselves to fly into outer space. Branson flew on July 11, 2021, and Bezos on July 20 of the same year. Both flights were successful, but became quite discussed due to the dispute that unfolded around them.

In America, by the end of March 2021, SpaceX assembled the world's first fully civilian space crew, whose flight took place on September 16, 2021. Space tourists aimlessly orbited the Earth for three days, and then successfully returned to Earth.

Roscosmos, regardless of the competition of billionaires and the American space program, announced in September 2020 the recruitment of participants for the Russian project "Challenge". The plans were to train non-professionals in a short period to fly into space and solve complex problems. The flight took place on October 5, 2021. The film crew, trained according to the accelerated program for space tourists, under the guidance of an experienced cosmonaut, successfully docked to the ISS, where they worked for 12 days on the world's first feature film shot in space.

In general, 2021 can be called the year of active development of world space tourism and a new stage in the space race. Attracting more attention and investment to space tourism and the industry as a whole will allow us to advance in its study and make new discoveries, "after all, after so many finds in the oceans and on land, isn't it time for us to explore the boundless resources of the sky"?

СУПЖЦ высокотехнологичной продукции авиастроения

Мелик-Асланова Н.О., Горелов Б.А., Трегубенков С.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность исследования обусловлена тем, что система СУПЖЦ высокотехнологичной продукции авиастроения для создания инновационной продукции в т.ч. военного назначения в условиях политических факторов, быстрой смены технологий, возникновения новых материалов требует совершенствования в направлении сокращения временного фактора принятия решений, создания условий технического, технологического развития предприятий с целью повышения материально-технической, технологической безопасности отрасли и государства.

Проведён анализ выполнения программы развития авиационной промышленности. По результатам анализа видно, что основной объём инвестиций сектора самолётостроения направляется на НИОКР и техническое перевооружение и реконструкцию. При этом основными источниками инвестирования остаются госконтракты по НИОКР. Доля федеральных целевых программ значительно уменьшается.

Анализ существующей СУПЖЦ высокотехнологичной продукции авиастроения , показал, что система не позволяет заказчику определить (выбрать) исполнителей по созданию инновационной продукции. Также, к существенным недостаткам стоит отнести длительные сроки создания инновационной продукции и, при этом, наблюдается неэффективное расходование средств.

С целью совершенствования СУПЖЦ высокотехнологичной продукции авиастроения рекомендуется проводить комплексный финансово-экономический анализ деятельности предприятий потенциальных участников ГОЗ, цен на продукцию. Анализировать показатели, технологических процессов производств предприятий участников, показатели, технических характеристик производства, производственных мощностей. Определять требования по

надёжности процессов производства, перспективности качеству продукции, срокам НИОКР и др. Проводить оценку трудового, интеллектуального потенциала в разрезе автоматизированных, роботизированных процессов предприятий участников. Для объективной оценки, минимизации временного фактора, определения необходимого и достаточного набора предприятий по ГОЗ рекомендуется объединить все нормативные материалы, требования к продукции и предприятиям -участникам в одну нейросетевую модель.

Входными данными нейронной сети являются: технологические процессы производств предприятий участников, интеллектуальный потенциал, финансово-экономические показатели и пр. В результате обработки информации в нейронной сети формируется эффективный набор предприятий для создания инновационной продукции военного назначения. Выходной слой нейронной сети представляет собой вектор предприятий, участвующих в системе государственного оборонного заказа для создания инновационной продукции.

Разработанная СУПЖЦ высокотехнологичной продукции авиастроения:

• Позволяет заказчику эффективно определить (выбрать) исполнителей ГОЗ.

• Существенно сократить сроки создания инновационной продукции.

• Эффективно расходовать средства (отсутствие дублирования затрат на испытания).

Полученные в работе результаты применяются на практике в деятельности руководителей и специалистов предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

Литература:

1. Бондаренко А.В., Бурдина А.А. Аспекты стратегической безопасности инновационных проектов авиационной промышленности // В книге: 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Тезисы 19-ой Международной конференции. Москва, 2020. С. 824-825.

2. Москвичева Н.В. Оценка рисков инвестиционных проектов с использованием методов нечеткой логики // Финансовая жизнь. 2021. № 1. С. 109-112.

LCMS for high-tech aircraft products

Melik-Aslanova N.O., Gorelov B.A., Tregubenkov S.Y.
MAI, Moscow, Russia

The relevance of the research is due to the fact that the system of high-tech aircraft manufacturing for the creation of innovative products, including military products in the conditions of political factors, rapid change of technologies, the emergence of new materials requires improvement in the direction of reducing the time factor of decision-making, creating conditions for technical, technological development of enterprises in order to improve the material, technical, technological security of the industry and the state.

According to the results of the analysis, it is clear that the bulk of investments in the aircraft construction sector are directed to RODW and technical re-equipment and reconstruction. At the same time, state RODW contracts remain the main sources of investment. The share of federal targeted programs is significantly decreasing.

The analysis of the existing LCMS of high-tech aircraft products showed that the system does not allow the customer to identify (select) performers for the creation of innovative products. Also, the significant disadvantages include the long time to create innovative products and, at the same time, there is an inefficient expenditure of funds.

In order to improve the LCMS of high-tech aircraft products, it is recommended to conduct a comprehensive financial and economic analysis of the activities of enterprises of potential participants of the State Budget, product prices. Analyze indicators, technological processes of production of participating enterprises, indicators, technical characteristics of production, production capacities. Determine the requirements for the reliability of production processes, the prospects of product quality, the timing of RODW, etc. To assess the labor and intellectual potential in the context of automated, robotic processes of participating enterprises. For a more objective assessment, minimization of the time factor, determination of the necessary and sufficient set of enterprises for

the State budget, it is recommended to combine all regulatory materials, requirements for products and participating enterprises into one neural network model.

The input data of the neural network are: technological processes of production of participating enterprises, intellectual potential, financial and economic indicators, etc. As a result of information processing in a neural network, an effective set of enterprises is formed to create innovative military products. The output layer of the neural network is a vector of enterprises participating in the system of the state defense order to create innovative products.

Developed by LCMS of high-tech aircraft production:

• Allows the customer to effectively identify (select) the performers of the state budget.

• Significantly reduce the time needed to create innovative products.

• Spend funds efficiently (no duplication of testing costs).

The results obtained in the work are applied in practice in the activities of managers and specialists of enterprises of the military-industrial complex (MIC).

References:

1. Bondarenko A.V., Burdina A.A. Aspects of strategic security of innovative projects of the aviation industry // In the book: The 19th International Conference "Aviation and Cosmonautics". Abstracts of the 19th International Conference. Moscow, 2020. pp. 824-825.

2. Moskvicheva N.V. Risk assessment of investment projects using fuzzy logic methods // Financial life. 2021. No. 1. pp. 109-112.

Роль прогнозирования в экономике

Мелик-Асланова Н.О., Нехаев И.Д.

МАИ, г. Москва, Россия

Целью данной статьи является анализ, изучение и ознакомление с процессом прогнозирования, а также исследование методов прогнозирования в экономике. Поставленная цель предполагает решение следующих задач:

• Раскрытие сути и понятий «прогноз» и «прогнозирования» в экономике.

• Рассмотрение основных методов прогнозирования в экономике и принципов процесса прогнозирования.

• Формирование представления о процессе прогнозирования в современных условиях экономики.

• Овладение теоретическими основами процесса прогнозирования.

• Ознакомление с задачами и функциями прогнозирования.

Прогноз – это обоснованное суждение о возможных состояниях объекта исследования в будущем, о путях и сроках его реализации, основывающиеся на эмпирических и аналитических данных.

План – это разработанный на определенный период процесс реализации комплекса мероприятий по реализации поставленных целей и стратегий. На основе плана определяются пути достижение желаемых результатов, сроки выполнения, необходимые ресурсы и т.д.

Прогнозирование тесно связано с планированием.

Планирование – это не просто умение предусмотреть все необходимы действия, это способность предвидеть любые «неожиданности», которые могут возникнуть по ходу дела, и уметь с ними справляться.

Прогнозирование – это процесс разработки прогнозов, основанная на исследовании качественного и количественного характера, направленные на выявление тенденций и поиска оптимальных, альтернативных путей достижения желаемых результатов.

Возрастание значимости процесса прогнозирования в различных сферах экономики отражается в применение таких средств как:

• Моделирование сложных показателей, получение интервальных оценок прогнозируемых показателей.

• Исследование многофакторных зависимостей.

• Применение предпланового анализа процессов, объектов, систем.

• Расчет и анализ, моделей развития событий для принятия управленческих решений и т.д.

В процессе прогнозирования присутствует риск. Степень риска зависит от базовых предпосылок.

The role of forecasting in the economy

Melik-Aslanova N.O., Nekhaev I.D.
MAI, Moscow, Russia

The purpose of this article is to analyze, study and familiarize with the forecasting process, as well as the study of forecasting methods in economics. The goal assumes the solution of the following tasks:

• Disclosure of the essence and concepts of "forecast" and "forecasting" in the economy.

• Consideration of the main forecasting methods in the economy and the principles of the forecasting process.

• Formation of an idea about the forecasting process in modern economic conditions.

• Mastering the theoretical foundations of the forecasting process.

• Familiarization with the tasks and functions of forecasting.

A forecast is a reasoned judgment about the possible conditions of the object of research in the future, about the ways and timing of its implementation, based on empirical and analytical data.

A plan is a process developed for a certain period of time to implement a set of measures to implement the set goals and strategies. Based on the plan, the ways to achieve the desired results, deadlines, necessary resources, etc. are determined.

Forecasting is closely related to planning.

Planning is not just the ability to foresee all the necessary actions, it is the ability to anticipate any "surprises" that may arise along the way, and be able to cope with them.

Forecasting is the process of developing forecasts based on qualitative and quantitative research aimed at identifying trends and finding optimal, alternative ways to achieve the desired results.

The increasing importance of the forecasting process in various sectors of the economy is reflected in the use of such tools as:

• Modeling of complex indicators, obtaining interval estimates of predicted indicators.

• Research of multifactorial dependencies.

• Application of pre-planned analysis of processes, objects, systems.

• Calculation and analysis, models of development of events for making managerial decisions, etc.

There is a risk in the forecasting process. The degree of risk depends on the basic assumptions.

Исследование вопросов повышения экономической безопасности промышленной корпорации ПАО «Объединённая авиастроительная корпорация»

Мелик-Асланова Н.О., Коваль А.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Экономическая безопасность, базирующаяся на умении персонала противодействовать развитию негативных рисковых ситуаций, становится важным фактором устойчивого и эффективного функционирования каждого предприятия.

Для разработки предложений по развитию механизмов управления экономической безопасностью деятельности промышленного предприятия необходимо решить следующие задачи:

• Определить содержание теоретических подходов и системно-функциональную взаимосвязь категорий «экономическая безопасность» и «организационная культура» на основе исследования функциональных возможностей инструментария индикации состояния экономической безопасности.

• Показать причинные связи функциональных процессов и состояния экономической безопасности как базового условия производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

• Дать общую характеристику корпорации и произвести анализ управления экономической безопасностью ПАО «ОАК».

• Проанализировать внешнюю и внутреннюю среду ПАО «ОАК».

• Разработать пути повышения эффективности управления экономической безопасностью ПАО «ОАК».

• Оценить эффективность повышения экономической безопасности промышленной корпорации.

• Проанализировать правовое обеспечение управления экономической безопасностью корпорации ПАО «ОАК».

Практическая значимость: рекомендации рассчитаны на повышение уровня экономической безопасности деятельности промышленного предприятия в целях его динамичного развития.

Научная значимость исследования состоит в разработке методических подходов к оценке и проведению мониторинга экономической безопасности деятельности промышленного предприятия.

Investigation of issues of improving the economic security of the industrial Corporation PJSC "United Aircraft Corporation"

Melik-Aslanova N.O., Koval A.A.
MAI, Moscow, Russia

Economic security, based on the ability of personnel to counteract the development of negative risk situations, becomes an important factor in the sustainable and efficient functioning of each enterprise.

To develop proposals for the development of mechanisms for managing the economic security of an industrial enterprise, it is necessary to solve the following tasks:

• To determine the content of theoretical approaches and the system-functional relationship of the categories "economic security" and "organizational culture" based on the study of the functionality of the tools for indicating the state of economic security.

• To show the causal relationships of functional processes and the state of economic security as a basic condition of the production and economic activity of the enterprise.

• To give a general description of the corporation and to analyze the management of economic security of PJSC UAC.

• Analyze the external and internal environment of PJSC UAC.

• To develop ways to improve the efficiency of economic security management of PJSC UAC.

• Evaluate the effectiveness of improving the economic security of an industrial corporation.

• Analyze the legal support for the management of economic security of PJSC UAC Corporation.

Practical significance: the recommendations are designed to increase the level of economic security of an industrial enterprise in order to ensure its dynamic development.

The scientific significance of the study consists in the development of methodological approaches to the assessment and monitoring of the economic security of an industrial enterprise.

Сравнительный анализ результатов специальной оценки условий труда в крупнейших аэропортах города Москвы

Мессинева Е.М., Фетисов А.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Специальная оценка условий труда (СОУТ) является необходимым этапом обеспечения безопасности работников на любом предприятии. Это комплекс последовательных мероприятий, связанных с идентификацией вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса, а также оценке уровня их воздействия на работников. На основании ее результатов производится установление работникам, занятым на рабочих местах с вредными и/или опасными условиями труда, льгот, предусмотренных законодательством. СОУТ должна лежать в основе системы менеджмента безопасности труда на любом предприятии.

Во всех крупных аэропортах Российской Федерации специальная оценка условий труда проводится регулярно, но комплексного анализа ее результатов в разных аэропортах никогда не проводилось. Однако, это может быть необходимо потому, что организации, проводящие СОУТ могут по-разному оценивать сходные рабочих местах.

Данное исследование посвящено сравнительному анализу результатов СОУТ для трех крупнейших аэропортов (Внуково, Шереметьево и Домодедово) города Москвы. Анализ суммарных результатов СОУТ рабочих мест сотрудников крупнейших международных аэропортов города Москвы выявил следующее соотношение рабочих мест по классам условий труда: 64% рабочих мест соответствуют условиям 2 класса труда (допустимый), 24% соответствуют условиям труда класса 3.1, остальные 14% относятся к классу 3.2 (вредный).

Однако, в распределении классов условий труда в разных организациях обнаружены заметные различия. Так, по результатам СОУТ в международном аэропорту Домодедово вообще не было выявлено рабочих мест с классами условий труда 3.1. В нем больше всего сотрудников (91%) работают в допустимых условиях труда, и там же отмечен самый маленький процент сотрудников, которые работают во вредных условиях труда класса 3.2 (9%). В аэропорту Внуково меньше всего (28%) сотрудников работают в допустимых условиях труда, а большинство сотрудников работает во вредных условиях класса 3.1 (70%). Распределение рабочих мест по классам условий труда в аэропорту Шереметьево выглядит следующим образом: 62% – допустимые условия труда, 2% – класс 3.1 и 33% – класс условий труда 3.2.

Такое различие в результатах СОУТ в разных аэропортах подтверждают предположение о необходимости разработки унифицированных рекомендации для ее проведения применительно к аэропортам.

The special assessment of working conditions comparative analysis results at the largest airports in Moscow

Messineva E.M., Fetisov A.G.
МАИ, Moscow, Russia

A special assessment of working conditions is a necessary stage in workers safety ensuring at any enterprise. It is a set of sequential measures related to the identification of the working environment and the labor process harmful and (or) hazardous factors, as well as assessing their impact level on workers. On basis of its results the establishment of benefits provided by law is made for workers employed in workplaces with harmful and / or hazardous working conditions.

The special assessment should underlie the occupational safety management system at any enterprise. At all major airports in the Russian Federation, a special assessment of working conditions is carried out regularly, but a comprehensive analysis of its results at different airports has never been carried out. However, this may be necessary because the organizations conducting the special assessment may evaluate similar workplaces differently. Current study is devoted to a comparative analysis of the special assessment of working conditions results for the three largest Moscow airports (Vnukovo, Sheremetyevo and Domodedovo).

Analysis of the total results of the workplaces special assessment in the largest international airports in Moscow revealed the following ratio of workplaces by working conditions classes: 64% of workplaces correspond to the conditions of class 2 of labor (permissible), 24% correspond to class 3.1, the remaining 14% belong to class 3.2 (harmful). However, in the working conditions classes distribution in different organizations, noticeable differences were found. Thus, according to the results of the special assessment, at the Domodedovo international airport, no workplaces with classes of working conditions of 3.1 were identified. It has the largest number of employees (91%) working in acceptable working conditions, and it also has the smallest percentage of employees who work in hazardous working conditions of class 3.2 (9%). At Vnukovo airport, the smallest number (28%) of employees work in acceptable working conditions, and the majority of employees work in hazardous conditions of class 3.1 (70%). The distribution of jobs by classes of working conditions at Sheremetyevo Airport is as follows: 62% – permissible working conditions, 2% – class 3.1 and 33% – class of working conditions 3.2. This difference in the special assessment results at different airports confirms the assumption that it is necessary to develop unified recommendations for its implementation in relation to airports.

Организационно-экономические механизмы предотвращения чрезвычайных ситуаций на авиационном транспорте

Мешанков Д.В., Тихонов А.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Управление воздушным движением должно предусматривать комплекс организационно-экономических мер по обеспечению авиационной безопасности. В России основные положения, касательно транспортной безопасности, регламентируется Законом № 16-ФЗ 2007 г., а также Постановлениями Правительства и Приказом Министерства транспорта России № 517 от 2021 г., в котором утверждены «Федеральные авиационные правила «Аварийно-спасательное обеспечение полетов воздушных судов»» для обеспечения безопасной работы аэропортов. В нашей стране утверждена Федеральная система авиационной безопасности, в которой определены основные правовые и организационные мероприятия в области гражданской авиации. Для организации аварийно-спасательного обеспечения полетов самолетов и вертолетов были установлены различные категории взлетно-посадочных полос по уровню требуемой защиты от нештатных ситуаций. Определено время, когда необходимо проводить аварийно-спасательное обеспечение полетов воздушных судов в районе аэродрома гражданской авиации. Должно быть спрогнозировано и произведено необходимое количество аварийно-спасательных средств в каждом аэропорту. Требуется обеспечить устойчивую связь между РЛЧС, РТП и участниками ликвидации во время чрезвычайной ситуации. В результате чрезвычайной ситуации авиационного происшествия, авиационные компании терпят большие убытки, которые складываются из следующих составляющих:

- Гибель и травматизм летных экипажей и пассажиров.
- Повреждение авиационной техники.
- Убытки, нанесенные людям, оборудованию и имуществу на земле.
- Нарушение регулярности полетов.
- Затраты на работу комиссии МАК по расследованию авиационного происшествия.
- Косвенные потери от неполученной летной подготовки экипажей ВС.
- Дополнительные исследования авиационной техники.
- Вынужденный простой воздушных судов.
- Повреждения багажа и груза.
- Ухудшение имиджа и репутации авиационной компании.

С точки зрения экономики, величины различных убытков видов очень неравнозначны и отличаются на порядки величин. Проведенный организационно-экономический анализ сведений о нанесенном ущербе авиационного происшествия показывает, что структура убытков в различных аэропортах неодинакова, а ущерб часто подсчитывается не в полном объеме. Обязательно надо учитываются косвенные убытки, связанные с упущенной выгодой из-за неполной выработки ресурса списанного воздушного судна и простоев на восстановительном ремонте, размер которых может в десятки раз превышать прямые убытки.

Литература:

1. Мешанков Д.В., Тихонов А.И. Обеспечение национальной безопасности на авиационном транспорте за счет использования отечественных систем бронирования авиабилетов // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 1-2. С. 103-107.

2. Мешанков Д.В. Анализ проблем обеспечения безопасности полетов и оценки убытков в результате авиационных происшествий в военной и гражданской авиации России // Вестник академии знаний. 2021. № 44 (3) С. 25-29. 3. Мешанков Д.В. Организационно-экономические методы противодействия контрафакту авиационных изделий и запчастей // Московский экономический журнал. 2021. № 2. С. 12.

Organizational and economic mechanisms for preventing emergencies in aviation transport

Meshankov D.V., Tikhonov A.I.
MAI, Moscow, Russia

Air traffic control should provide for a set of organizational and economic measures to ensure aviation security. In Russia, the main provisions concerning transport security are regulated by Law

No. 16-FZ of 2007, as well as Government Resolutions and Order of the Ministry of Transport of Russia No. 517 of 2021, which approved the "Federal Aviation Regulations "Emergency and Rescue Support of Aircraft flights"" to ensure the safe operation of airports. The Federal Aviation Security System has been approved in our country, which defines the main legal and organizational measures in the field of civil aviation. For the organization of emergency and rescue support of aircraft and helicopter flights, various categories of runways were established according to the level of required protection from emergency situations. The time has been determined when it is necessary to carry out emergency and rescue support of aircraft flights in the area of the civil aviation airfield. The required number of emergency rescue vehicles at each airport should be predicted and produced. It is required to ensure a stable connection between the Emergency Response Service, the RTP and the participants in the liquidation during an emergency situation. As a result of an emergency situation of an aviation accident, aviation companies suffer large losses, which consist of the following components:

- Death and injury of flight crews and passengers.
- Damage to aviation equipment.
- Losses caused to people, equipment and property on earth.
- Violation of the regularity of flights.
- The costs of the work of the IAC commission for the investigation of an aviation accident.
- Indirect losses from incomplete flight training of aircraft crews.
- Additional research on aviation technology.
- Forced downtime of aircraft.
- Damage to baggage and cargo.
- Deterioration of the image and reputation of the aviation company.

From the point of view of economics, the values of various types of losses are very unequal and differ by orders of magnitude. The conducted organizational and economic analysis of information about the damage caused by an aviation accident shows that the structure of losses at different airports is not the same, and the damage is often not fully calculated. It is necessary to take into account indirect losses associated with lost profits due to incomplete development of the resource of a decommissioned aircraft and downtime during restoration repairs, the amount of which can be ten times higher than direct losses.

References:

1. Meshankov D.V., Tikhonov A.I. Ensuring national security in aviation transport through the use of domestic air ticket booking systems // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2019. No. 1-2. pp. 103-107.

2. Meshankov D.V. Analysis of problems of flight safety and assessment of losses as a result of aviation accidents in military and civil aviation of Russia // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2021. No. 44 (3) pp. 25-29. 3. Meshankov D.V. Organizational and economic methods of countering counterfeit aircraft products and spare parts // Moscow Economic Journal. 2021. No. 2. p. 12.

Особенности организации удаленного формата работы в условиях пандемии COVID-19

[1]Михайлов А.А., [1]Федулов В.И., [2]Степанов В.В.

[1]МАИ, [2]ФГУП «НПО «Техномаш», г. Москва, Россия

На сегодняшний день большинство компаний применяют удаленный или гибридный форматы работы, что вызвано интенсивным протеканием пандемии Covid-19. Проблемы управления персоналом в условиях удаленной занятости являются предметом исследования многих консалтинговых и рекрутинговых компаний. Опросы руководителей, в т.ч. предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности, позволили выявить особенности организации удаленного формата работы.

Переход на удаленный или гибридный форматы работы способствует достижений ряда целей, в т.ч.: минимизация риска заражения новой коронавирусной инфекцией; повышение экономической эффективности за счет оптимизации офисных пространств; привлечение новых работников за счет расширения географического охвата [1].

Организация удаленного формата работы сопровождается рядом сложностей. Для руководителей наиболее сложными аспектами являются: коммуникации и командное взаимодействие; вовлечение сотрудников в корпоративную культуру; адаптация новых сотрудников; адаптация процессов компании к новым условиям; техническое обеспечение; информационная безопасность. Для сотрудников к сложностям удаленного формата можно отнести: отсутствие четкого разделения между рабочим днем и личным временем; отсутствие эффективного взаимодействия с коллегами/командой; технические ограничения; отсутствие удобного рабочего места; нехватка обратной связи от руководителя; отвлекающие факторы в лице семьи и т.д. [2]

Эффективная организация удаленного формата работы требует подготовленной инфраструктуры (качественно настроенные рабочие процессы и ИТ-инструменты), а также адаптации корпоративной культуры к новым условиям [3]. С целью повышения эффективности организации удаленной работы компании расширяли функционал HR-специалистов, формировали проектные группы или выделяли отдельного сотрудника, отвечающего за данный процесс.

Литература:

1. Удаленная работа: тренд или новая реальность? [Электронный ресурс]. URL: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/2021/remote-work-research.html (дата обращения: 04.10.2021).

2. Удаленная работа: действия HR [Электронный ресурс]. URL: https://home.kpmg/ru/ru/home/insights/2021/06/hr-actions-remote-work.html (дата обращения: 04.10.2021).

3. Управление персоналом на предприятиях авиационной промышленности: монография / А.И. Тихонов, А.А. Михайлов, М.А. Федотова. — Москва: Знание-М, 2021. — 179 с.

Peculiarities of organization of remote format of work in COVID-19 pandemic conditions

[1]Mikhailov A.A., [1]Fedulov V.I., [2]Stepanov V.V.

[1]MAI, [2]FSUE “NPO "Technomash", Moscow, Russia

Today, most companies use remote or hybrid working formats, which is caused by the intense course of the pandemic Covid-19. The problems of personnel management in remote employment are the subject of research by many consulting and recruiting companies. Surveys of managers, including enterprises of high-tech industries, revealed the peculiarities of organizing a remote format of work.

Switching to remote or hybrid work formats contributes to the achievement of a number of goals, including: minimizing the risk of infection with a new coronavirus infection; increase of economic efficiency due to optimization of office spaces; recruiting new workers by expanding geographical coverage [1].

The organization of the remote format of work is accompanied by a number of difficulties. For managers, the most complex aspects are: communication and team interaction; involvement of employees in corporate culture; adaptation of new staff; adapting company processes to new conditions; technical support; information security. For employees, the difficulties of the remote format include: the lack of a clear division between working day and personal time; lack of effective interaction with colleagues/team; technical limitations; lack of a convenient workplace; lack of feedback from the manager; distractions in the person of the family, etc. [2].

The efficient organization of the remote work format requires a prepared infrastructure (well-configured workflows and IT tools), as well as the adaptation of the corporate culture to the new conditions [3]. In order to increase the efficiency of organizing remote work, companies expanded the functionality of HR specialists, formed project teams or allocated an individual employee responsible for this process.

References:

1. Remote work: trend or new reality? [Electronic Resource]. URL: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/2021/remote-work-research.html.

2. Remote operation: HR [Electronic Resource] actions. URL: https://home.kpmg/en/en/home/insights/2021/06/hr-actions-remote-work.html.
3. Personnel management at aviation enterprises: monograph/A.I. Tikhonov, A.A. Mikhailov, M.A. Fedotova. - Moscow: Knowledge-M, 2021. — 179 pages.

Цифровая трансформация предприятий авиационной промышленности с применением комплексного подхода к интеграции коммуникаций маркетинга 4.0

Михайлова Л.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Цифровая трансформация отечественного авиастроения основана на оптимизации и интеллектуализации бизнес-процессов предприятий, начиная от проектирования новой продукции и заканчивая маркетингом.

В условиях вертикальной и горизонтальной интеграции авиастроительных предприятий, в том числе создания виртуальных предприятий, происходит развитие маркетинговых коммуникаций в цифровой среде. Одной из современных тенденций, является интеграция коммуникаций традиционного и цифрового маркетинга в единый комплекс. При этом происходит рост доли цифрового маркетинга в общем объёме коммуникаций, как на ранних стадиях разработки воздушного судна, так и на стадии пилотного производства и наращивания коммерческого объёма выпуска авиационной техники и компонентов. Комплексный подход к интеграции коммуникаций маркетинга 4.0 опирается на интеграцию внутренних и внешних информационных потоков, баз и банков данных, информационной инфраструктуры авиастроительных предприятий и интегрированной системы информационной безопасности. Интеграция позиционирования авиационной техники в рамках данного подхода предполагает внедрение цифровых технологий и платформенных решений.

Реализация комплексного подхода к интеграции коммуникаций маркетинга 4.0 в авиастроении должна осуществляться на основе специального программного обеспечения, методов и технологий, с помощью которых предприятия авиационной промышленности аккумулируют знания о потребителях (в том числе потенциальных) и автоматизируют бизнес-процессы в сфере продаж, маркетинга, гарантийного и сервисного обслуживания. Данный подход применим во всех направлениях бизнеса – военная, гражданская, транспортная и стратегическая авиация, поскольку позволяет привлекать и удерживать потенциальных отечественных и иностранных заказчиков, получая мгновенную обратную связь и обеспечивая желаемую удовлетворённость более эффективными способами, чем конкуренты. Это, в свою очередь, обуславливает дальнейшее развитие авиастроительных предприятий, способствуя завоеванию существенной доли мирового рынка.

Digital transformation of aviation industry enterprises using an integrated approach to the integration of marketing 4.0 communications

Mikhailova L.V.
MAI, Moscow, Russia

The digital transformation of the domestic aircraft industry is based on the optimization and intellectualization of business processes of enterprises, starting from the design of new products and ending with marketing.

In the context of vertical and horizontal integration of aircraft manufacturing enterprises, including the creation of virtual enterprises, marketing communications are developing in the digital environment. One of the current trends is the integration of traditional and digital marketing communications into a single complex. At the same time, there is an increase in the share of digital marketing in the total volume of communications, both at the early stages of aircraft development, and at the stage of pilot production and increasing the commercial volume of aircraft equipment and components. An integrated approach to the integration of marketing 4.0 communications relies on the integration of internal and external information flows, databases and data banks, information infrastructure of aircraft manufacturing enterprises and an integrated information security system.

The integration of aircraft positioning within the framework of this approach involves the introduction of digital technologies and platform solutions.

The implementation of an integrated approach to the integration of marketing 4.0 communications in the aircraft industry should be carried out on the basis of special software, methods and technologies with which aviation industry enterprises accumulate knowledge about consumers (including potential ones) and automate business processes in the field of sales, marketing, warranty and service. This approach is applicable in all areas of business - military, civil, transport and strategic aviation, because it allows you to attract and retain potential domestic and foreign customers, receiving instant feedback and providing the desired satisfaction in more effective ways than competitors. This, in turn, determines the further development of aircraft manufacturing enterprises, contributing to the conquest of a significant share of the world market.

Моделирование влияния экономических рисков с использованием методов нечеткой логики

Москвичева Н.В., Филина И.И.
МАИ, г. Москва, Россия

Обеспечение экономической безопасности бизнес-процессов является важной задачей всей системы управления предприятием. Для решения данной задачи необходимо иметь четко структурированную, формализованную с точки зрения локальных нормативных документов систему управления рисками, так как меры по обеспечению экономической безопасности связаны прежде всего с защитой бизнес-процессов от воздействия внешних и внутренних рисков и угроз. Комплексная система управления рисками включает выявление и идентификацию рисков на разных этапах бизнес-процессов, анализ и оценку рисков, составление реестра рисков с привязкой к владельцу бизнес-процесса, меры по предупреждению возникновения риска, по снижению степени риска, ранжирование рисков по степени их влияния на бизнес-процессы с учетом вероятности возникновения угрозы и уязвимости бизнес-процесса. Формализация системы управления рисками на предприятии достигается составлением и принятием соответствующих регламентирующих документов, представляющих в комплексе методическое сопровождение политики управления рисками. Необходимо учитывать нормативно-правовые документы, например, ФЗ «О коммерческой тайне», если на предприятии вводится режим коммерческой тайны. Можно опираться на стандарты по управлению рисками: COSO, FERMA, ГОСТ/ ISO 31000, на ведомственные документы, в частности, Минтруда и Росимущества в части рекомендаций по выявлению, минимизации, оценки коррупционных рисков, что особо актуально для предприятий авиационной отрасли, работающих по 223-ФЗ.

Важно понимать, что риск является управляемым параметром, на уровень которого возможно оказывать воздействие. Применяемый механизм регулирования уровня риска должен быть экономически выгодным, следовательно, затраты на управление риском не должны быть выше ущерба, который может возникнуть, если риск реализуется. Соответственно нужна оценка влияния риска на бизнес-процессы для выбора или разработки адекватных мер.

В данном исследовании предлагается применять методы нечеткой логики для моделирования степени воздействия риска на бизнес-процессы. При анализе деятельности предприятия на предмет выявления угроз обнаруживаются источники неопределенности, связанные с различными внутренними и внешними факторами. Ряд параметров оказывается недоступным для точного измерения, и тогда в оценке риска появляется субъективный компонент. В теории нечетких множеств он описывается как лингвистическая переменная со своим подмножеством значений, а связь количественного значения некоторого фактора с его качественным лингвистическим описанием задается как функция принадлежности фактора нечеткому множеству.

Предлагается использование метода теории нечетких множеств для агрегирования совокупности индикаторов комплексный показатель экономической безопасности бизнес-процесса. Данный подход предполагает несколько этапов: определение нечетких множеств;

отбор и ранжирование показателей; составление матрицы фактического распределения значений индикаторов безопасности по нечетким множествам, в которой столбцы – качественные уровни, строки – индикаторы безопасности, а их пересечение – уровни принадлежности количественных показателей качественным классам; формирование комплексного показателя безопасности бизнес-процесса.

Моделирование степени воздействия риска на бизнес-процессы с применением методов нечеткой логики можно отнести к превентивным методам управления риском на предприятии, позволяющим разработать упреждающие меры по предотвращению и минимизации возможного ущерба.

Modeling the impact of economic risks using fuzzy logic methods

Moskvicheva N.V., Filina I.I.
MAI, Moscow, Russia

Ensuring the economic security of business processes is an important task of the entire enterprise management system. To solve this task, it is necessary to have a clearly structured, formalized in terms of local regulatory documents risk management system, as measures to ensure economic security are associated primarily with the protection of business processes from the impact of external and internal risks and threats. Comprehensive risk management system includes detection and identification of risks at various stages of business processes, analysis and risk assessment, making a register of risks with a link to the owner of the business process, measures to prevent the risk, risk mitigation, ranking of risks according to their impact on business processes, taking into account the likelihood of the threat and the vulnerability of the business process. Formalization of risk management system in the enterprise is achieved by drawing up and acceptance of the corresponding regulating documents, representing in a complex methodological support of a risk management policy. It is necessary to take into account regulatory documents, such as the Federal Law "On Commercial Secrets", if the company introduces a commercial secret. You can rely on risk management standards: COSO, FERMA, GOST / ISO 31000, departmental documents, in particular the Ministry of Labor and Federal Property Management Service recommendations to identify, minimize, assess corruption risks, which is especially relevant to the aviation industry companies working under the 223-FL.

It is important to understand that risk is a manageable parameter whose level can be influenced. The mechanism used to regulate the level of risk must be economically viable; consequently, the cost of risk management should not be higher than the damage that might arise if the risk is realized. Accordingly, it is necessary to assess the impact of risk on business processes to select or develop adequate measures.

This study proposes to apply fuzzy logic methods to model the degree of risk impact on business processes. When analyzing an enterprise for threats, sources of uncertainty associated with various internal and external factors are discovered. A number of parameters are not available for precise measurement, and then a subjective component appears in the risk assessment. In the theory of fuzzy fuzzy logic methods it is described as a linguistic variable with its term-menu of values, and the relationship of the quantitative value of some factor with its qualitative linguistic description is set as a function of the factor belonging to a fuzzy set.

We propose to use the method of the theory of fuzzy sets to aggregate the set of indicators a comprehensive indicator of economic security of the business process. This approach involves several stages: the definition of fuzzy sets; selection and ranking of indicators; compilation of the matrix of the actual distribution of security indicators on fuzzy sets, in which columns – qualitative levels, rows – security indicators, and their intersection – levels of membership of quantitative indicators to qualitative classes; formation of a comprehensive indicator of business process security.

Modeling the degree of risk impact on business processes using fuzzy logic methods can be attributed to preventive methods of risk management at the enterprise, allowing to develop proactive measures to prevent and minimize the possible damage.

Методика оценки риска участия в закрытом конкурсе за право выполнения НИР по созданию инновационного изделия

Москвичева Н.В., Бабкина К.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Одной из главных задач специалиста, осуществляющего анализ рисков НИР в интересах создания инновационного изделия, является разработка рекомендаций, позволяющих руководству предприятия формировать рациональную стратегию выполнения НИР, начиная с конкурса за право её выполнения, которая минимизирует вероятность возникновения финансовых убытков в процессе её выполнения. В исследовании предложены методики определения количественных показателей рисков, связанных с приобретением предприятием контракта на выполнение НИР и осуществлением работ по исполнению контракта, которые не описаны в доступной автору работы литературе.

Риском применительно к участию в закрытом конкурсе за право выполнения НИР по созданию инновационного изделия обозначается вероятность победы в конкурсе с учётом располагаемой информации о конкурентах и реконструкции их возможных предложений по условиям выполнения предлагаемого заказчиком контракта.

Предлагается осуществлять оценку вероятности победы в конкурсе методом статистических испытаний с учетом параметров: 1) Оценка случайного значения показателя «Квалификация трудовых ресурсов (руководителей и ключевых специалистов), предлагаемых для выполнения работ»; 2) Оценка случайного значения показателя «Опыт участника закупки по успешному выполнению работ сопоставимого характера и объема»; 3) Случайные значения количества баллов, присуждаемых по критерию «Квалификация участников закупки, в том числе наличие у них финансовых ресурсов, оборудования и других материальных ресурсов, принадлежащих им на праве собственности или на ином законном основании, опыта работы, связанного с предметом контракта, и деловой репутации, специалистов и иных работников определенного уровня квалификации»; 4) Оценка заявок на участие в конкурсе по критерию «Качественные, функциональные и экологические характеристики работы»; 5) Оценка цены контракта. Далее определяется итоговый рейтинг заявки, оценивается вероятность победы в конкурсе над i-м участником и вероятность победы в конкурсе в целом.

Следует обозначить несколько условий применения методики: заказчик имеет небольшой выбор потенциальных исполнителей для привлечения к участию в закрытом конкурсе; у участников закрытого конкурса имеется определённая информация об опыте и квалификации своих конкурентов; может быть определён потенциальный лидер среди конкурентов, обладающий наибольшим опытом и квалификацией в области создания изделия, и относительно возможностей которого следует в первую очередь проводить оценку конкурсного риска; конкурсная комиссия, с учётом возможности привлечения для обеспечения её работы необходимых экспертов, обладает достаточной технической квалификацией для оценки предложений участников конкурса.

Исследование показывает, что объективная оценка рисков участия в закрытом конкурсе дает возможность предприятиям экономить ресурсы и находить иные пути продвижения продукции на рынок.

1. Федеральный закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

2. Бурдина А.А., Дубинский М.О. Вопросы классификации рисков экономической безопасности предприятия. – РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2021.- № 1. - С. 59-62.

3. Дубинский М.О., Москвичева Н.В. Финансово-экономические риски экономической безопасности предприятия. - РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2021. - № 1. - С. 44-47.

Methodology for assessing the risk of participation in a closed tender for the right to perform R&D on the creation of an innovative product

Moskvicheva N.V., Babkina K.A.
MAI, Moscow, Russia

One of the main tasks of the specialist, carrying out the analysis of risks of R&D in the interests of creation of innovative product, is development of recommendations, allowing the management of enterprise to form the rational strategy of execution of R&D, beginning from the tender for the right of its execution, which minimizes the probability of financial losses in the process of its execution. The study proposes methods for determining the quantitative indicators of risks associated with the acquisition of the contract for research and development by the enterprise and the implementation of work on the contract, which are not described in the available literature to the author of the work.

The risk of participation in a closed tender for the right to perform R&D on the creation of an innovative product means the probability of winning the tender, taking into account available information about competitors and the reconstruction of their possible proposals on the conditions of the contract proposed by the customer.

It is suggested to estimate the probability of winning the tender by method of statistical tests by taking into account the parameters: 1) Assessment of random value of indicator "Qualification of human resources (managers and key specialists) offered for work performance"; 2) Assessment of random value of indicator "Procurement participant experience in successful performance of work of comparable character and volume"; 3) Random values of number of points awarded on criterion "Procurement participants qualification, including availability of financial resources, equipment and materials". Then the final rating of the bid is determined, the probability of winning the tender over the i-th participant and the probability of winning the tender as a whole.

It is necessary to designate some conditions of application of a technique: the customer has a small choice of potential executors for attraction to participation in the closed competition; participants of the closed competition have the certain information on experience and qualification of the competitors; the potential leader among competitors having the greatest experience and qualification in the field of creation of a product can be defined, and concerning which possibilities the competitive risk first of all should be carried out; the competitive commission, taking into account possibility of attraction of the competitors to the closed tender, can be defined.

The study shows that an objective assessment of the risks of participation in a closed competition gives the enterprises an opportunity to save resources and find other ways to promote products on the market.

1. Federal law of 05.04.2013 N 44-FL (ed. from 03.08.2018) "On the contractual system in the sphere of procurement of goods, works, services to meet state and municipal needs".

2. burdina A.A., Dubinsky M.O. Issues of classification of risks of economic security of the enterprise. - RISK: Resources, Information, Supply, Competition. - 2021.- № 1. - C. 59-62.

3. Dubinsky M.O., Moskvicheva N.V. Financial and economic risks of economic security of the enterprise. - RISK: Resources, Information, Supply, Competition. - 2021. - № 1. - C. 44-47.

Параллельное обучение информационно-аналитическим навыкам на примере составления плана текста

Муравьева Н.В., Журбенко Н.Л.
МАИ, г. Москва, Россия

Постоянный поиск новых образовательных технологий, которые бы обеспечивали эффективность учебного процесса, обусловил появление параллельного обучения в рамках подготовки специалистов технических профессий. Параллельное обучение можно считать одной из новых моделей смешанного обучения. Необходимость повышения эффективности обучения профессионально-ориентированным родному и иностранному языкам объясняет актуальность нашего исследования.

Целью данного исследования было создание технологии, которая бы соединяла в процессе обучения два направления – обучение родному и иностранному профессионально-ориентированным языкам. В соответствии с поставленной целью были решены задачи

теоретического анализа литературы по проблеме, разработки экспериментальной части и проведения параллельного обучения.

Опыт преподавания русского и английского языков сотрудниками одной и той же кафедры позволил нам подойти к разработке новой модели смешанного обучения. В данном случае «объектом смешивания» – и в этом состоит новизна нашего подхода – является контент, который составляет основу учебных программ двух дисциплин – «Русский язык и культура речи» и «Английский язык». Для реализации такой модели являются обязательными следующие условия: преподаватели двух дисциплин готовы к тесному и гибкому методическому сотрудничеству, способны создавать новые алгоритмы и схемы, отказываться от хорошо освоенных, привычных образовательных приемов, организовывать работу студентов в разных форматах, включая проектную и исследовательскую деятельность, умеют работать в команде, и, во-вторых, они работают с одной и той же студенческой группой.

Традиционно в методике преподавания ESL базовыми считаются четыре навыка: чтение, письмо, говорение и аудирование. Мы предлагаем рассматривать деятельность по анализу текста как отдельный навык с точки зрения организации профессионально ориентированного процесса изучения языков студентами инженерно-технических и менеджерских специальностей, поскольку зачастую профессиональное общение связано с обобщением, рецензированием, переводом и интерпретацией различных типов текстов. Наша модель обучения строилась на материале обучения информационно-аналитическим навыкам, связанным с так называемыми вторичными текстами (план, реферат, аннотация). Продемонстрировать ее можно, в частности, на примере обучения навыкам создания плана текста. Самооценка студентами таких навыков в большинстве случаев оказалась высокой, поэтому в структуре эксперимента были реализованы следующие этапы: 1) создание студентами плана предложенного текста с кратким предварительным комментарием (русский язык); 2) полный анализ полученных планов с подробным описанием оптимального способа создания текстового плана (русский язык); 3) создание студентами плана английского текста с кратким предварительным комментарием на английском языке; 4) полный анализ полученных планов с комментарием на английском языке. Проведенный эксперимент показал, что даже если баллы за создание плана на русском языке нередко оказывались ниже самооценки, мы отмечали в большинстве случаев улучшение рассматриваемых навыков при создании плана на английском языке.

Результаты нашего исследования могут быть использованы в рамках преподавания профессионально-ориентированных родного и иностранного языков в институтах и на факультетах, где программой подготовки предусмотрены обе дисциплины.

Teaching making a plan of a text as an analytical skill using a parallel teaching model

Myravyova N.V., Zhurbenko N.L.
MAI, Moscow, Russia

The permanent research in order to create new educational technologies to ensure the effectiveness of the educational process has led to the emergence of parallel teaching within the framework of training specialists in technical professions. We consider parallel learning to be one of the new models of mixed learning. The need to improve the effectiveness of teaching professionally-oriented native and foreign languages explains the relevance of our research.

The purpose of our research was to create a technology that would combine two courses in the learning process – teaching native and foreign professionally-oriented languages. In accordance with the set goal, the tasks of theoretical analysis of the literature on the problem, development of the experimental part and conducting experimental training were solved.

The experience of teaching Russian and English by the staff of the same department allowed us to approach the development of a new model of blended learning. In this case, the "object of mixing" – and this is the novelty of our approach – is the content that forms the basis of the curricula of two disciplines – "Russian language and speech culture" and "The English language". This approach can be illustrated with the example of the development of information and analytical skills, namely, the creation of a text plan. To implement such a model, the following conditions are mandatory: teachers

of the two disciplines are ready for close and flexible methodological cooperation, are able to create new algorithms and schemes, abandon well-mastered, familiar educational techniques, organize students' work in different formats, including project and research activities, are able to work in a team, and, secondly, they work with the same student group.

Traditionally, four skills are basic in the ESL teaching methodology: reading, writing, speaking and listening. We propose to consider the activity of text analysis as a separate skill from the point of view of organizing a professionally oriented process of language learning by students of engineering and technical specialties, since professional communication is often associated with generalization, reviewing, translation and interpretation of various types of texts.

Our training model was based on the material of teaching analytical skills related to the so-called secondary texts (plan, abstract, summary). The model can be demonstrated, in particular, by the example of teaching the skills of creating a plan of a text. The self-esteem of such skills, given by students in most cases turned out to be high. Therefore, the following stages were implemented in the structure of the experiment: 1) creation of a plan of the proposed text with a short preliminary commentary (Russian); 2) a complete analysis of the plans received with a detailed description of the optimal way to create a text plan (Russian); 3) students create a plan of the English text with a short preliminary commentary in English; 4) a complete analysis of the plans received with commentary in English. The experiment showed that even if the scores for creating a plan in Russian were often lower than self-esteem, in most cases we noted an improvement in the skills in question when creating a plan in English.

The results of our research can be used in the framework of teaching professionally oriented native and foreign languages in institutes and faculties where the training program provides for both disciplines.

Подходы к оценке эффективности реализации многоуровневых и многодисциплинарных моделей в двигателестроении

Набиева Д.Г., Трегубенков С.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Изучены концепции построения многоуровневых моделей, предложенных в СНИУ и ЦИАМ. Поскольку при проектировании и оптимизации двигателя должен соблюдаться принцип иерархичности моделирования объекта, то моделью нижнего уровня должна являться моделью ЛА или ГТД, оцениваемая по критериям эффективности ЛА. При использовании многоуровневого подхода существует два варианта интеграции моделей. В первом случае модель более высокой размерности дублирует модель узла, входящую в состав модели ГТД. В свою очередь,0D/1D модель ГТД обеспечивает модель более высокой размерности граничными условиями.

Разработана структура многоуровневой модели (СНИУ) и (ЦИАМ).

В работе описаны недостатки варианта, когда модель более высокой размерности встраивается в модель ГТД, т.е. она замещает свой аналог более низкой размерности главным из которых является неприменимость принципа "plug and play", что исключает использование методологии последовательного анализа более высокого порядка. В обоих вариантах интеграции правильная параметризация моделей различных размерностей и выбор методик осреднения параметров имеют важное значение, поскольку это,может значительно повлиять на результаты моделирования.

На основании проведённого исследования сделаны следующие выводы:

• Несмотря на возможность 3D-моделирования всего двигателя, этот вариант далек от практического применения.

• Программного средства, позволяющего самостоятельно реализовать многоуровневую модель, в настоящее время не существует.

• При многоуровневом подходе моделью нижнего уровня должна являться модель ЛА или, как минимум, модель ГТД, оцениваемая по критериям эффективности ЛА.

• При интеграции моделей предпочтительным является вариант, когда модель более высокой размерности дублирует модель узла, входящую в состав модели ГТД.

• Правильная параметризация моделей различных размерностей и выбор методик осреднения параметров могут значительно повлиять на результаты моделирования.

• Существующие программные средства для интеграции моделей позволяют создавать полностью интегрированные многоуровневые модели как для использования на отдельном рабочем месте, так и для использования в масштабах целого предприятия.

Таким образом, обоснована необходимость построения модели, в которой учтены:

• Расчет стоимости программного продукта.

• Технические решения, которые повлечет за собой внедрение программного продукта.

• Сравнения стоимости с рыночными предложениями подобных решений.

• Риски, связанные с внедрением программных комплексов в работу (вирусы, методы хищения информации, хакерские атаки и др.).

Литература:

1. Испытания авиационных двигателей: учебник: учебное пособие / В. А. Григорьев, С.П. Кузнецов, А.С. Гишваров и др.; Под общ. ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова. - М.: Машиностроение, 2009. - 504 с.

2. Автоматизированная система для вириальных испытаний газотурбинных двигателей [Текст] / А.Ю. Ткаченко, В.Н. Рыбаков, И.Н. Крупенич, и др. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2014. – №5 (47). – Ч. 3. – С. 113-119.

4. Numeca Россия: [Электронный ресурс] / Программа AutoBlade. – URL: http://www.numeca-ru.com/index.php/autoblade.html.

5. Финансово-экономические риски. Е.Г. Князева, Л.И. Юзвович, Р.Ю. Луговцов, В.В. Фоменко// Уральский федеральный университет, 2015. – С. 70-75.

Approaches to assessing the effectiveness of the implementation of multilevel and multidisciplinary models in engine building

Nabieva D.G., Tregubenkov S.U.

MAI, , Russia

The concepts of constructing multilevel models proposed in SNIU and CIAM are studied. Since the principle of hierarchical modeling of the object must be observed when designing and optimizing the engine, the model of the lower level should be a model of an aircraft or a gas turbine engine, evaluated according to the criteria of aircraft efficiency. When using a multi-level approach, there are two options for integrating models. In the first case, the higher-dimensional model duplicates the node model that is part of the GTD model. In turn, the 0D/1D GTD model provides a higher dimensional model with boundary conditions.

The structure of the multilevel model (SNI) and (CIAM) has been developed.

The paper describes the disadvantages of the variant when a higher-dimensional model is embedded in the GTD model, i.e. it replaces its lower-dimensional counterpart, the main one of which is the inapplicability of the "plug and play" principle, which excludes the use of a higher-order sequential analysis methodology. In both integration options, the correct parameterization of models of various dimensions and the choice of methods for averaging parameters are important, since this can significantly affect the simulation results.

Based on the conducted research, the following conclusions are made:

• Despite the possibility of 3D modeling of the entire engine, this option is far from practical application.

• There is currently no software tool that allows you to independently implement a multi-level model.

• With a multi-level approach, the lower-level model should be an aircraft model or, at least, a GTD model evaluated according to the criteria of aircraft efficiency.

• When integrating models, the preferred option is when a higher-dimensional model duplicates the node model that is part of the GTD model.

• Correct parameterization of models of various dimensions and the choice of methods for averaging parameters can significantly affect the results of modeling.

• Existing software tools for model integration allow you to create fully integrated multi-level models both for use in a separate workplace and for use on the scale of an entire enterprise.

Thus, the necessity of building a model is justified, which takes into account:

• Calculation of the cost of the software product.

• Technical solutions that will entail the introduction of a software product.

• Cost comparisons with market offers of similar solutions.

• Risks associated with the introduction of software systems into work (viruses, methods of information theft, hacker attacks, etc.).

References:

1. Tests of aircraft engines: textbook: textbook / V. A. Grigoriev, S.P. Kuznetsov, A.S. Gishvarov et al.; Under the general editorship of V.A. Grigoriev and A.S. Gishvarov. - M.: Mechanical Engineering, 2009. - 504 p.

2. Automated system for virial testing of gas turbine engines [Text] / A.Y. Tkachenko, V.N. Rybakov, I.N. Krupenich, et al. // Bulletin of Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolev (National Research University). – 2014. – №5 (47). – Part 3. - pp. 113-119.

4. Numeca Russia: [Electronic resource] / AutoBlade program. – URL: http://www.numeca-ru.com/index.php/autoblade.html.

5. Financial and economic risks. E.G. Knyazeva, L.I. Yuzvovich, R.Yu. Lugovtsov, V.V. Fomenko// Ural Federal University, 2015. - pp. 70-75

Применение метода проектов кафедрой И-14 МАИ при обучении иностранному языку студентов технологических специальностей на современном этапе

Неверова Н.В., Иванова Г.А., Белякова В.В., Садовская М.Л.

МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность исследования обусловлена тем, что современный этап характеризуется изменением многих аспектов в российском и мировом образовании. Происходит трансформация традиционных методов обучения и преподавания, внедрение инноваций. Метод проектов, опирающийся на "team- building", один из них. Несмотря на множество научных работ в этой области, методика преподавания иностранного языка в технических вузах еще не совершенна. Но она модернизируется постоянно, приспосабливаясь к различным условиям. Кроме этого, сокращается число аудиторных часов, отведенное на изучение данного предмета в неязыковых вузах.

Цель исследования – практическое применение метода проектов, включающей в себя "team -building" в обучении иностранного языка в техническом вузе. Задачами являются: формирование иноязычной коммуникативной компетенции; мотивирование обучающихся к самостоятельной организационной работе; совершенствование владения дистанционно-образовательными технологиями; здоровьесберегающие технологии.

Методы исследования – метод комплексного анализа наработок теоретического и практического характера современных российских и зарубежных ученых, математические вычисления, Т-критерий Вилкоксона, сравнение, дедукция.

Объект исследования – метод проектов при обучении иностранному языку студентов технологических специальностей на современном этапе.

Предположение о том, что метод проектов при формировании языковой компетенции, имеет преимущество в своей эффективности перед традиционными методами обучением является гипотезой данного исследования. В работе представлена разработка занятия по определенной коммуникативной тематике, используя УМК и образовательные on-line технологии, указаны возможные трудности, с которыми могут столкнуться учащиеся и преподаватели, отображены возможные способы их преодоления. Проверка гипотезы о достоверности различий в результатах тестирования контрольной группы, полученных до использования предлагаемой методики и после ее использования, осуществлена с помощью Т-критерия Вилконсона.

Применение метода проектов сегодня широко используется во всем мире. Оно стало более инновационным, современным и продуктивным в сравнении с аудиторным образованием. Студенты получают возможность обучаться в любом месте, в течении любого времени удобным для них способом. Современные университеты всего мира предлагают несколько вариантов обучения: on-line, аудиторное и др. И как показывают экспериментальные и практические исследования в этой области, метод проектов опирающийся на "team- building " занимает лидирующую позицию. Практические разработки и исследования современных ученых явились предшественниками данной работы: Шнейдер Л.Б., Boelens, R., Voet, M., De Wever и др.

Ход работы темы «Education» имел практическое применение.

В соответствии с результатами исследования был сделан вывод о том, что не смотря на недостатки: технические-способность и возможность студентов и преподавателей успешно использовать современные технологии и организационные-адаптации и изменения образовательных программ, метод проектов актуален для студентов всех курсов в неязыковых вузах, поскольку он раскрывает творческий, коммуникативный потенциал, помогает сделать образовательный процесс индивидуализированным или ориентированным на студента (student-centered), существенно дополняет аудиторную работу, делая обучающий процесс более продуктивным, имеет неоспоримые преимущества в образования и саморазвитии студентов и педагогов.

Application of the project method by the Department of I-14 MAI in teaching a foreign language to students of technological specialties at the present stage

Neverova N.V., Ivanova G.A., Belyakova V.V., Sadovskaya M.L.
MAI, Moscow, Russia

The relevance of the research is due to the fact that the current stage is characterized by changes in many aspects in Russian and world education. There is a transformation of traditional methods of teaching and learning, the introduction of innovations. The project method based on "team-building" is one of them. Despite many scientific papers in this field, the methodology of teaching a foreign language in technical universities is not yet perfect. But it is constantly being upgraded, adapting to different conditions. In addition, the number of classroom hours allocated to the study of this subject in non-linguistic universities is reduced.

The purpose of the study is the practical application of the project method, which includes "team - building" in teaching a foreign language at a technical university.

Tasks: formation of foreign language communicative competence; motivating students to independent organizational work; improving the knowledge of distance learning technologies; health-saving technologies.

Research methods - the method of complex analysis of theoretical and practical developments of modern Russian and foreign scientists, mathematical calculations, Wilcoxon T-test, comparison, deduction.

The object of research is the method of projects in teaching a foreign language to students of technological specialties at the present stage.

The assumption that the project method in the formation of language competence has an advantage in its effectiveness over traditional teaching methods is the hypothesis of this study. The paper presents the development of classes on a certain communicative topic, using the UMK and educational on-line technologies, indicates possible difficulties that students and teachers may face, displays possible ways to overcome them. The hypothesis of the reliability of differences in the test results of the control group obtained before using the proposed technique and after using it was tested using the Wilconson T-test.

The application of the project method is widely used all over the world today. It has become more innovative, modern and productive in comparison with classroom education. Students have the opportunity to study anywhere, during any time in a convenient way for them. Modern universities around the world offer several training options: on-line, classroom, etc. And as experimental and practical research in this area shows, the project method based on "team-building" occupies a leading

position. Practical developments and research of modern scientists were the predecessors of this work: Schneider L.B., Boelens, R., Voet, M., De Wever, etc.

The course of work of the topic "Education" had practical application.

In accordance with the results of the study, it was concluded that despite the disadvantages: technical-the ability and ability of students and teachers to successfully use modern technologies and organizational-adaptations and changes in educational programs, the project method is relevant for students of all courses in non-linguistic universities, because it reveals creative, communicative potential, helps to make the educational process individualized or student-centered, significantly complements classroom work, making the learning process more productive, it has undeniable advantages in the education and self-development of students and teachers.

Мировоззренческий аспект исследования и разработки саморазвивающихся систем. Междисциплинарный подход

[1]Нетребская О.Н., [2]Ушаков Н.В.

[1]МАИ, [2]ГБУ НИИ «Мостранспроект», г. Москва, Россия

Сложные саморазвивающиеся системы (СРС) включают человека, человеческое общество и человеко-машинные комплексы. К ним относятся и системы беспилотных летательных аппаратов (БЛА) с искусственным интеллектом (ИИ).

Когнитивная функция таких систем зависит от того, что подразумевается под категориями интеллект, язык, сознание и т.д.

Русская философия содержит концепции и понятия, которые актуальны в качестве мировоззренческой основы для исследования, разработки и промышленного проектирования СРС.

Русский космизм – течение русской философской мысли, основанное на холистическом мировоззрении. Включает в себя элементы науки, философии, религии, искусства. Характеризуется осознанием всеобщей взаимообусловленности, всеединства, взаимосвязи космических и земных процессов.

Цельное знание является ведущей категорией русской философии XIX века - органическим синтезом различных видов знания, как рационального, так и нерационального.

В то же время сознание представляет собой некое единство и в познавательном процессе выступает как некая целостность: невозможно полностью отделить какое-либо из его проявлений, например: эмоциональное, рациональное и др.

В отношении СРС необходимо учитывать важнейшее положение современной когнитивной науки и философии: формирование интеллекта индивида возможно только при его взаимодействии с другими индивидами каждого класса, т. е. в обществе, в группе себе подобных. В связи с этим в статье рассматриваются такие понятия, как представление, восприятие, язык и т.д., их значение в применении к человеко-машинным комплексам.

Актуальность данной работы определяется необходимостью сформулировать общесистемный, междисциплинарный подход к проектированию саморазвивающихся и самообучающихся комплексов БЛА, с учётом особенности форм общественного сознания и цельного знания.

Очевидно, что сегодня полноценное эмпирическое моделирование СРС уже возможно.

Анализируются научно-методологические уровни междисциплинарных исследований информационного взаимодействия БЛА (роботов) в группах, где робот определяется как машина с антропоморфным поведением, обладающая способностью анализировать ситуацию, принимать решения, а также учиться и развиваться в составе групп при решении общей задачи.

Предложена общесистемная концепция исследования конкретных технических разработок СРС.

Литература:

1. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990. 351 с.

2. Абрамов М.А. Русский космизм: идея единства культуры и многоплановая реальность. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора культурологии. Саранск, 2007.
3. Нетребская О.Н. С.Н. Булгаков о трагедии философии. Автореферат на соискание учёной степени кандидата философских наук. М., 2008
4. Нетребская О.Н. Цельное знание как методологическая основа разработки систем ИИ // Сборник тезисов международной конференции «Авиация и космонавтика 2020». М., 2020
5. Ushakov V.N. Multiparadigm modeling by the SODAR-2 language // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics.
Volume 41. Number 5 (2007). P. 194-200.

The world view aspect of research and design of self-developing systems. Interdisciplinary approach

[1]Netrebskaya O.N., [2]Ushakov N.V
[1]MAI, [2]Research Institute “Mostransproekt”, Moscow, Russia

Complex self-developing systems (SDSs) include man, human society, and the human-machine complexes. Groups of unmanned aerial vehicles (UAVs) with artificial intelligence (AI) belong to this type of systems.

The cognitive function of such systems depends on what is meant by the categories of intelligence, language, consciousness, etc.

Russian philosophy contains concepts and categories that are relevant as a worldview basis for the research, development and industrial design of complex SDSs.

Russian cosmism is a direction of Russian philosophical thought based on a holistic worldview. It includes elements of science, philosophy, religion, and art. It is characterized by the awareness of universal interdependence, unity, interrelation of cosmic and terrestrial processes.

Integral knowledge is the leading category of Russian philosophy of the XIX century - an organic synthesis of various types of knowledge, both rational and irrational.

At the same time, consciousness is a kind of unity and acts as a kind of integrity in the cognitive process: it is impossible to completely separate any of its manifestations, for example: emotional, rational, etc.

With regard to SDSs, it is necessary to take into account the position of cognitive science and philosophy, that the formation of an individual's intelligence is possible only through his interaction with other individuals of each class, i.e. in society, in a group of his own kind. In this regard, such concepts as representation, perception, language, etc., their meaning in application to human-machine complexes are discussed in the paper.

The relevance of this work is determined by the need to formulate a system-wide, interdisciplinary approach to the design of self-developing UAVs, which takes into account the peculiarities of forms of social consciousness and holistic knowledge.

It is obvious that currently a full-fledged empirical modeling of complex SDSs is possible.

The scientific and methodological levels of interdisciplinary studies of information interaction of UAVs (robots) in groups are analyzed, where robot is defined as a machine with anthropomorphic behavior able to analyze the situation, make decisions, as well as to learn and develop itself in groups when solving a common task.

A system-wide concept for the study of specific technical solutions of SDSs is proposed.

References:

1. Moiseev N.N. Man and the noosphere. Moscow, Molodaya gvardiya, 1990.
2. Abramov M.A. Russian cosmism: the idea of unity of culture and multidimensional reality. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Cultural Studies. Saransk, 2007.
3. Netrebskaya O.N. S.N. Bulgakov on the tragedy of philosophy. Abstract for the competition academic degree of Candidate of Philosophical Sciences. Moscow, 2008
4. Netrebskaya O.N. Integral knowledge as a methodological basis for the development of AI systems // Collection of abstracts of the international conference "Aviation and Cosmonautics 2020". Moscow, 2020.

5. Ushakov V.N. Multiparadigm modeling by the SODAR-2 language // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics.
Volume 41. Number 5 (2007). P. 194-200.

Тенденция использования нейросетевого прогнозирования характеристик летательных аппаратов

Нехрест-Бобкова А.А., Геращенко Н.Н.
МАИ, г. Москва, Россия

На современном этапе развития машиностроения происходит непрерывное усовершенствование уже существующих материалов и технологий, разработка новых видов оборудования, однако темпы развития на столько велики, что к моменту выпуска продукции, она успевает устареть и уже не соответствует новым стандартам. Отсюда возникает задача прогнозирования характеристик летательных аппаратов еще до запуска их производства. Для ее решения предлагается использовать нейросетевое моделирование, т.к. данный метод позволяет не только обработать большое количество статистических данных, но и найти скрытые корреляции в них.

Летно-тактические характеристики гражданских летательных аппаратов, которые можно спрогнозировать, подразделяются на следующие группы:

1. Летные – скорость, потолок, дальность, продолжительность полета, время набора высоты, длина разбега и пробега и др.

2. Эксплуатационные – показывают степень приспособленности летательного аппарата к выполнению различных предусмотренных работ, например, время подготовки к вылету, сроки регламентных работ и т.п., а также его надежность.

Таким образом, выходной слой проектируемой нейронной сети является многомерным вектором, размерность которого зависит от прогнозируемых характеристик.

В качестве входных параметров такой нейронной сети могут являться технические характеристики самих комплектующих:

1. Скоростные, высотные и дроссельные характеристики газотурбинных двигателей летательных аппаратов, такие как расход воздуха, тяга двигателя, удельная тяга, удельный расход топлива и др.

2. Геометрические характеристики фюзеляжа летательного аппарата (сужение и удлинение крыла, форма и размах крыла, длина фюзеляжа, площадь миделевого сечения фюзеляжа, максимальный эквивалентный диаметр фюзеляжа и др.).

3. Массовые характеристики фюзеляжа (максимальная рулежная масса, максимальная взлетно-посадочная масса, масса заправляемого топлива при централизованной заправке и др.).

Входные и прогнозируемые характеристики летательного аппарата, а также архитектура нейронной сети могут быть подобраны под конкретную задачу разрабатываемого летательного аппарата.

Литература:

1. Burdina A.A., Nekhrest-Bobkova A.A. Emergency probability for aircraft vehicle Journal of Physics: Conference Series – 2021.

2. Burdina A.A., Nekhrest-Bobkova A.A. Neural-Network Prediction of Damage to Accident-Prone Sections of Oil and Gas Pipelines STIN–№8–2021–c.775–778.

3. Бурдина А.А., Москвичева Н.В., Мелик-Асланова Н.О., Бондаренко А.В. Планирование инвестиционных затрат на промышленных предприятиях // Экономика и предпринимательство. 2017. № 3-1 (80). с. 589 – 592.

4. Burdina A.A., Gorelov B.A., Moskvicheva N.V., Gerashchenko N.N. Credit organization risk assessment technology // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. № 8(3). p. 6563-6569.

5. Burdina A.A., Bondarenko A.V. Assessing the strategic efficiency of aviation projects // Russian Engineering Research. 2020. Т. 40. № 5. p. 439-441.

6. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: Учеб пособие /М.: Моск.гос.ин-т электроники и математики, 2003 (ООП ин-та). – 113 с.
7. Бураков М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие /СПб.: ГУАП, 2013. – 284 с.
8. Джулли А., Пал С. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация Нейронных сетей с помощью библиотек: Theano и TensorFlow /М.: ДМК Пресс, 2018. – 294 с.
9. Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 456 с.

The trend of using neural network aircraft characteristics forecasting

Nekhrest-Bobkova A.A., Gerashchenko N.N.
MAI, Moscow, Russia

At the present stage of the development of mechanical engineering, there is a continuous improvement of existing materials and technologies, the development of new types of equipment, but the pace of development is so great that by the time the products are released, they have time to become outdated and no longer meet new standards. Hence, the problem arises of predicting the characteristics of aircraft even before the launch of their production. To solve it, it is proposed to use neural network modeling, because this method allows not only to process a large amount of statistical data, but also to find hidden correlations in them.

The flight and tactical characteristics of civil aircraft that can be predicted are divided into the following groups:

1. Flight – speed, ceiling, range, flight duration, climb time, takeoff and run length, etc.
2. Operational – show the degree of adaptability of the aircraft to perform various planned works, for example, the time of preparation for departure, the timing of routine maintenance, etc., as well as its reliability.

Thus, the output layer of the projected neural network is a multidimensional vector, the dimension of which depends on the predicted characteristics.

The technical characteristics of the components themselves can be used as input parameters of such a neural network:

1. Speed, altitude and throttle characteristics of gas turbine engines of aircraft, such as air consumption, engine thrust, specific thrust, specific fuel consumption, etc.
2. The geometric characteristics of the aircraft fuselage (the narrowing and elongation of the wing shape and wing span, fuselage length, area midleware section of the fuselage, the maximum equivalent diameter of the fuselage, etc.).
3. Mass properties of the fuselage (maximum taxi weight, maximum landing weight, the weight of the filled fuel at a centralized fueling, etc.).

Input and predictable characteristics of the aircraft, and the architecture of the neural network can be tailored for a specific task develop the aircraft.

References:

1. Burdina, A. A., Nekhrest-Bobkova A. A. probability for aircraft Emergency vehicle Journal of Physics: Conference Series – 2021.
2. Burdina, A. A., Nekhrest-Bobkova A. A. Neural-Network Prediction of Damage to Accident-Prone Sections of Oil and Gas Pipelines'STIN–№8-2021–pp. 775–778
3. Burdina A.A., Moskvicheva N.V., Melik-Aslanova N.O., Bondarenko A.V. Planning of investment costs at industrial enterprises // Economics and entrepreneurship. 2017. No. 3-1 (80). pp. 589 - 592.
4. Burdina A.A., Gorelov B.A., Moskvicheva N.V., Gerashchenko N.N. Credit organization risk assessment technology // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. No. 8(3). p. 6563-6569.
5. Burdina A.A., Bondarenko A.V. Assessing the strategic efficiency of aviation projects // Russian Engineering Research. 2020. Vol. 40. No. 5. p. 439-441
6. Matveevsky V.R. Reliability of technical systems: Textbook /Moscow: Moscow.State Institute of Electronics and Mathematics, 2003 (OOP Institute). - 113 p .

7. Burakov M.V. Neural networks and neurocontrollers: textbook. manual / St. Petersburg: GUAP, 2013. - 284 p.
8. Julli A., Pal S. The Keras Library is a deep learning tool. Implementation of Neural networks using libraries: Theano and TensorFlow /Moscow: DMK Press, 2018. - 294 p.
9. Shmoylova R. A. General theory of statistics: Textbook. - M.: Finance and Statistics, 2002 - 456 p.

Исследование методов оценки рисков деятельности предприятий авиационной отрасли

Николенко Т.Ю., Мармыль Д.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Деятельность авиационных предприятий сопряжена с различными видами рисков. В связи с этим, для минимизации угроз потери ожидаемой прибыли, необходимо внедрять систему по их предотвращению и своевременному обнаружению, а также подготовленный комплект мероприятий для устранения последствий в случае возникновения кризисной ситуации. Данные меры должны быть направлены на сохранение устойчивого финансово-экономического положения, а также на повышение безопасности и эффективности функционирования хозяйствующего субъекта. Высшему руководству целесообразно четко распределить обязанности между подразделениями, определить возможную зону делегирования полномочий и ответственности. Все решения должны приниматься исходя из индивидуальных стратегий, целей и задач на предприятии.

Процесс оценки рисков состоит из качественного и количественного анализов и расчетов.

С помощью качественной оценки исследуются причины, факторы и степень воздействия рисков. Такой анализ должен привести эксперта к следующему этапу, то есть к определению величины риска в стоимостном эквиваленте.

Существуют следующие методы качественного анализа рисков:

1) Метод экспертных оценок.
2) Метод рейтинговых оценок.
3) Контрольные списки источников рисков.
4) Метод аналогий.

Общим преимуществом перечисленных методов является их относительная дешевизна реализации, простота расчетов. Среди существенных недостатков выделяется высокая степень субъективных оценок, что может привести к ошибочным результатам.

Основные методы количественного анализа:

1) Аналитические (анализ чувствительности и сценариев).
2) Вероятно-теоретические (методы на основе построения дерева, ситуативные).
3) Новейшие (искусственный интеллект).

Данные методы основаны на объективных расчетах, однако, неопределенность вероятных ситуаций в деятельности авиационного предприятия затрудняет процесс анализа рисков.

Таким образом, для минимизации рисков предприятий авиационной отрасли необходим своевременный и периодический мониторинг состояния деятельности для выявления потенциальных угроз. Комплексный подход, включающий сочетание качественного и количественного анализов рисков, обеспечит сохранение устойчивых позиции и конкурентоспособности на рынке.

Литература:

1. Бондаренко А.В., Чижик А.С. Процесс формирования предприятиями авиационной промышленности системы ключевых показателей эффективности. Экономика и предпринимательство. 2018. № 9 (98). С. 1111-1117.
2. Дубинский М.О., Москвичева Н.В. Финансово-экономические риски экономической безопасности предприятия. РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2021. № 1. С. 44-47.
3. Москвичева Н.В. Оценка рисков инвестиционных проектов с использованием методов нечеткой логики. Финансовая жизнь. 2021. № 1. С. 109-112.

4. Николенко Т.Ю., Сёмина Л.В. Учет фактора риска при оценке эффективности реализации инновационного проекта. Финансовый бизнес. 2021. №9. С.54-57.
5. Тарасова Е.В., Лебенкова Е.Е. Механизм снижения риска наукоемкого инвестиционного проекта. СТИН. 2020. № 2. С. 28-31.

Research of methods of risk assessment of aviation industry enterprises

Nikolenko T.Yu., Marmyl D.A.
MAI, Moscow, Russia

The activities of aviation enterprises are associated with various types of risks. In this regard, in order to minimize the threats of loss of expected profits, it is necessary to implement a system for their prevention and timely detection, as well as a prepared set of measures to eliminate the consequences in the event of a crisis situation. These measures should be aimed at maintaining a stable financial and economic situation, as well as improving the safety and efficiency of the functioning of an economic entity. It is advisable for the top management to clearly distribute responsibilities between departments, to determine the possible zone of delegation of authority and responsibility. All decisions should be made based on individual strategies, goals and objectives at the enterprise.

The risk assessment process consists of qualitative and quantitative analyses and calculations.

With the help of a qualitative assessment, the causes, factors and the degree of exposure to risks are investigated. Such an analysis should lead the expert to the next stage, that is, to determine the amount of risk in value terms.

There are the following methods of qualitative risk analysis:

1) The method of expert assessments.
2) The method of rating assessments.
3) Checklists of risk sources.
4) The method of analogies.

The general advantage of these methods is their relative cheapness of implementation, simplicity of calculations. Among the significant disadvantages, a high degree of subjective assessments is highlighted, which can lead to erroneous results.

Basic methods of quantitative analysis:

1) Analytical (sensitivity and scenario analysis).
2) Probably-theoretical (methods based on tree construction, situational).
3) The latest (artificial intelligence).

These methods are based on objective calculations, however, the uncertainty of probable situations in the activities of an aviation enterprise complicates the process of risk analysis.

Thus, in order to minimize the risks of aviation industry enterprises, timely and periodic monitoring of the state of activity is necessary to identify potential threats. An integrated approach, including a combination of qualitative and quantitative risk analysis, will ensure the preservation of a stable position and competitiveness in the market

Прогнозирование длительности сборочных работ на предприятиях авиационной промышленности

Никулина Е.Н., Феломешкин Д.М.
МАИ, г. Москва, Россия

Для авиационной промышленности характерна сложная многоступенчатая структура выпускаемых изделий. При этом более половины операций по изготовлению продукции связаны со сборочными процессами. Сами сборочные работы отличаются многообразием и включают пригоночные и доделочные работы, время на формирование сборочных комплектов, обработку в промежуточных цехах (герметизация, нанесение покрытий, покраска и т.п.), собственно сборочные работы, которые, как правило, выполняются вручную и подлежат нормированию. Кроме того значительное время занимают операции по контролю качества выполненных работ.

Поэтому целесообразно определять длительность сборочных работ не по отдельным составляющим, а в целом, через показатель интенсивности сборки, который показывает среднее время, затрачиваемое на изготовление одной сборочной единицы (СЕ) с учётом всех вышеперечисленных видов работ. Этот показатель рассчитывается на основании данных в технологических паспортах СЕ, где фиксируется информация о фактических сроках выполнения всех операций, в том числе операций контроля.

Таким образом формируется ретроспективный динамический ряд интенсивностей, который затем используется при определении длительности сборочных работ.

На основе анализа типа тренда динамического ряда формируется круг методов кратко-срочного прогнозирования, который будет использован при определении длительности сборочных работ в следующем интервале планирования. Круг этих методов достаточно широк. Для стационарных рядов – это метод скользящих средних и экспоненциально сглаженных средних. Для линейно-аддитивных трендов – метод Холта, метод Холта-Муира, метод двойного сглаживания Брауна, метод Бокса-Дженкинса. Для мультипликативных трендов, в том числе с сезонной компонентой – метод Холта- Винтера, обобщён-ный метод Брауна, метод Льюиса и т.д.

Для выбора конкретного метода прогнозирования, соответствующего тренду рекомендуется использовать показатели ошибки прогноза, стандартного отклонения, среднего абсолютного отклонения ошибки. Для анализа точности прогноза – средней абсолютной процентной ошибки (MAPE). Для оптимальной настройки параметров метода – средний квадрат ошибки (MSE) и сумму квадратов ошибок (SSE).

На основании этих расчётов пользователь определяет наиболее точный метод прогнозирования для данного динамического ряда и использует его результаты в управлении сборочным процессом.

Forecasting the duration of assembly works in the aviation industry

Nikulina E.N., Felomeshkin D.M.
MAI, Moscow, Russia

The aviation industry is characterized by a complex multi-stage structure of manufactured products. At the same time, more than half of the manufacturing operations are connected with as-sembly processes. The assembly work itself is diverse and includes fitting and finishing work, time for the formation of assembly kits, processing in intermediate workshops (sealing, coating, painting, etc.), assembly work itself, which, as a rule, is performed manually and is subject to rationing. In addition, operations to control the quality of work performed take a significant amount of time.

Therefore, it is advisable to determine the duration of assembly work not by individual components, but in general, through the assembly intensity indicator, which shows the average time spent on the manufacture of one assembly unit, taking into account all of the above types of work. This indicator is calculated based on the data in the technological passports, which records information about the actual timing of all operations, including control operations.

Thus, a retrospective dynamic series of intensities is formed, which is then used to determine the duration of assembly work.

Based on the analysis of the trend type of the dynamic series, a list of short-term forecasting methods is formed, which will be used to determine the duration of assembly work in the next planning period. For stationary series, this is the method of sliding averages and exponentially smoothed averages. For linear additive trends – Holt method, Holt-Muir method, Brown double smoothing method, Box-Jenkins method may be used. For multiplicative trends, including those with a seasonal component – the Holt-Winter method, the generalized Brown method, the Lewis method, etc.

To select a specific forecasting method, the corresponding trend, it is recommended to use indicators of forecast error, standard deviation (variance), mean absolute deviation of the error. To analyze the accuracy of the forecast mean absolute percentage error (MAPE) may be used. For optimal adjustment of the method parameters, mean square error (MSE) and the sum of squared errors (SSE) are used.

Based on these calculations, the user determines the most accurate forecasting method for a given dynamic series and uses its results in managing the process.

Резервирование денежных средств при бюджетном финансировании инвестиционных проектов в ракетно-космической отрасли

Никулина Е.Н., Тарасова Е.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Развитие ракетно-космической отрасли связано с реализацией широкого круга инвестиционных проектов, направленных как на совершенствование производственно-технологической базы предприятий, так и на выпуск качественно новой высокотехнологичной продукции. Такие проекты являются, как правило, высоко затратными, и имеют длительный жизненный цикл. Большинство проектов носят стратегический характер, поэтому источниками финансирования проектных работ являются средства государственного бюджета и частный капитал. Средства из бюджета выделяются практически в полном объёме и в сроки, отраженные в утвержденном бизнес-плане инвестиционного проекта.

В дальнейшем эти параметры корректировке не подлежат. Длительность жизненного цикла инвестиционного проекта приводит к тому, что за время его реализации неизбежно в структуре финансирования происходят изменения в силу динамичности макро и микро среды. Чаще всего вопрос стоит о росте инвестиционных вложений. Таким образом, предприятию приходится финансировать проект в больших объёмах, чем предполагалось на этапе согласования и утверждения бизнес-плана. По опыту превышение составляет обычно более 20% от стоимости проекта, что оказывает значительное влияние на финансы предприятия и повышает риски реализации проекта.

Сокращение уровня рисков возможно за счет создания резервного фонда. Размер денежных средств, отвлекаемых ежегодно для резервирования можно определить, исходя из разницы величины чистого дисконтированного дохода (ЧДД) для пессимистического и наиболее вероятного сценариев реализа-ции проекта. Процесс формирования резервного фонда описывается формулой расчёта аннуитета по известной текущей стоимости ренты. Заложив резервные суммы в схему финансирования проекта, предприятие может снизить риски его реализации без ухудшения своего финансового состояния. Е-ли средства резервного фонда не будут полностью востребованы, они могут быть использованы для решения других задач в хозяйственной деятельности предприятия. Последние тенденции в инвести-ционной деятельности связаны со снижением налоговой нагрузки для предприятий, реализующих инвестиционные проекты. Это делает механизм резервирования более доступным для предприятий и повышает его эффективность.

Reserving funds at budget financing of investment projects in the rocket and space industry

Nikulina E.N., Tarasova E.V.
MAI, Moscow, Russia

The development of the rocket and space industry is associated with the implementation of a wide range of investment projects aimed both at improving the production and technological base of enterprises and at pro-ducing qualitatively new high-tech products. Such projects are usually highly costly, and have a long cycle of implementation.

Most of the projects have a strategic character, that’s why the sources of financing for project work are state budget funds and private capital. Funds from the budget are allocated almost in full and within the time frame reflected in the approved business plan of the investment project.

In the future, these parameters are not subject to adjustment. The duration of the life cycle of an investment project leads to the fact that during its implementation, changes inevitably occur in the financing structure due to the dynamism of the macro and micro environment. Most often, the question is about the growth of investment. Thus, the enterprise has to finance the project in larger volumes than expected at the stage of co-ordination and approval of the business plan. According to experience, the excess is usually more than 20% of the project cost, which has a significant influence on the company’s finances and increases the risks of project implementation.

Reducing the risks level is possible by creating a reserve fund. The amount of funds used annually for reserv-ings can be determined based on the difference in the value of the net present value (NPV) for the pessimis-tic and most likely scenarios of the project. The process of forming a reserve fund is described by the formula for calculating an annuity on the known current cost of rent. Having pledged reserve amounts into the pro-ject financing scheme, the company can reduce the risks of its implementation without worsening its financial condition. If the money of the reserve fund is not fully demanded, they can be used to solve other tasks in the economic activity of the enterprise. Recent trends in investment activity are associated with a de-crease in the tax burden for enterprises implementing investment projects. This makes the reserving mechanism more accessible to enterprises and increases its efficiency.

Гибкость бизнеса – Business Agility – необходимое условие выживания компании на рынке

Опрышко Н.В., Фомина О.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Гиперконкуренция, экономические проблемы и снижение лояльности потребителей привели к сокращению срока жизни компании более чем на 50 лет, что обуславливает необходимость перехода к адаптивности и гибкости в процессах управления.

В 7 версии PMBOK процессы заменены принципами, которые более универсальны, а формальные результаты уступают место удовлетворенности ключевых стейкхолдеров. Это характеризует переход от Agile к более глубокому понятию гибкости бизнеса – Business Agility, которое только направляет компанию без строгих предписаний.

Современные IT-компании играют все более заметную роль в авиационной отрасли. На российском рынке присутствует ограниченное количество IT-компаний, специализирующихся на разработках ПО для авиационных комплексов и обучения, большинство из которых применяют традиционную модель управления проектами, что мешает им составить конкуренцию мировым лидерам и наращивать долю рынка.

Разрешением проблемы может стать применение IT-компаниями авиационной отрасли модели гибкости бизнеса Business Agility, в рамках которой организация достигает гибкости только тогда, когда она гибкая в каждой из 9 взаимодействующих областей по 3 направлениям: деятельность, отношения, образ мышления.

Результат внедрения Business Agility раскрывается в следующих улучшениях: гибкость процессов – фокусировка на продуктах и выгодах от их использования, а не на промежуточных результатах; клиентоориентированность технических практик выполнения работы; повышенная кросс-функциональность структуры с внедрением лидерской и рыночной гибкости. Положительный результат включает непрерывное обучение посредством быстрых экспериментов, ошибок и восстановления; увеличения прозрачности внутри компании и внедрения ответственности каждого сотрудника.

Данные результаты приведут компанию к быстрому развитию. Гибкая организация может не просто реагировать на внешние и внутренние изменения, но и самостоятельно задавать направление развития непредсказуемого рынка с помощью лояльного персонала и сокращения операционных затрат. Такие компании могут более оперативно реагировать на запросы клиентов или новые возможности в других отраслях.

Модель имеет практическую ценность как для IT-компаний авиационной отрасли, так и для бизнеса всех отраслей экономики, от промышленности до сферы услуг и торговли.

Business Agility is a necessary condition for the company's survival in the market

Opryshko N.V., Fomina O.V.
MAI, Moscow, Russia

Hypercompetition, economic problems and a decrease in consumer loyalty have led to a reduction in the life of the company by more than 50 years, which necessitates the transition to adaptability and flexibility in management processes.

In version 7 of PMBOK, processes are replaced by principles that are more universal, and formal results give way to satisfaction of key stakeholders. This characterizes the transition from Agile to a deeper concept of Business Agility, which only guides the company without strict regulations.

Modern IT companies are playing an increasingly prominent role in the aviation industry. There are a limited number of IT companies specializing in software development for aviation complexes and training on the Russian market, most of which use the traditional project management model, which prevents them from competing with world leaders and increasing market share.

The solution to the problem can be the application by IT companies of the aviation industry of the Business Agility Business Flexibility model, in which an organization achieves flexibility only when it is flexible in each of the 9 interacting areas in 3 directions: activity, relationships, way of thinking.

The result of the implementation of Business Agility is revealed in the following improvements: flexibility of processes - focusing on products and benefits from their use, rather than on intermediate results; customer-oriented technical practices of work; increased cross-functionality of the structure with the introduction of leadership and market flexibility. The positive result includes continuous learning through rapid experiments, mistakes and recovery; increased transparency within the company and the introduction of responsibility for each employee.

These results will lead the company to rapid development. A flexible organization can not only respond to external and internal changes, but also independently set the direction of development of an unpredictable market with the help of loyal staff and reduction of operating costs. Such companies can respond more quickly to customer requests or new opportunities in other industries.

The model has practical value both for IT companies in the aviation industry and for businesses in all sectors of the economy, from industry to services and trade.

Модель социально-технологической культуры предприятий авиационно-космической отрасли

Перкова Е.П.
МАИ, г. Москва, Россия

Социально-технологическая культура (СТК) может быть определена как совокупность разделяемых представлений, норм и способов действий, определяющих типичные для данной организации подходы к решению ключевых организационных задач, связанных с внедрением и использованием социальных технологий.

Выделены четыре класса основных организационных задач, для решения которых социальные технологии оказываются особенно востребованными и которые регулируются социально-технологической культурой: 1) задачи, связанные с проведением прикладных научных исследований, разработкой и внедрением технологических инноваций (продуктовых, процессных); 2) задачи, связанные с организационными коммуникациями и развитием социального капитала; 3) задачи, связанные с управлением человеческими ресурсами; 4) задачи, связанные с использованием материальных технологий.

Разработанная теоретическая модель социально-технологической культуры предприятиях авиационно-космической отрасли содержит следующие элементы: организационная культура, организационные задачи, факторы формирования СТК, организационные эффекты.

Рассматривать СТК необходимо с точки зрения как нормативных, так и дескриптивных представлений о технологических процессах. Первые описывают, какие способы решения технологических задач являются правильными и поощряемыми в организации, а вторые – какие, с точки зрения членов организации, реализуются де-факто. Анализ расхождений между нормативными и дескриптивными представлениями может быть самостоятельным объектом изучения, имеющим непосредственное прикладное значение для менеджмента.

Теоретическая модель социально-технологической культуры, рассматривающая ее как часть организационной культуры, представляется перспективным инструментом дальнейшего изучения «мягких» методов управления в высокотехнологических компаниях. В ее основе лежит различение между набором общих принципов и ценностей организационной культуры в целом, и представлениями о конкретных организационных практиках, связанных с

внедрением и использованием социальных технологий, которые образуют специфическое содержание СТК высокотехнологического предприятия.

Model of socio-technological culture of enterprises of the aerospace industry

Perkova E.P.
MAI, Moscow, Russia

Socio-technological culture (STC) can be defined as a set of shared ideas, norms and methods of action that determine approaches typical for a given organization to solving key organizational problems associated with the introduction and use of social technologies.

Four classes of basic organizational tasks have been identified, for the solution of which social technologies are especially in demand and which are regulated by the socio-technological culture: 1) tasks related to the conduct of applied scientific research, the development and implementation of technological innovations (product, process); 2) tasks related to organizational communications and the development of social capital; 3) tasks related to human resource management; 4) tasks associated with the use of material technologies.

The developed theoretical model of the socio-technological culture of the enterprises of the aerospace industry contains the following elements: organizational culture, organizational tasks, factors in the formation of STC, organizational effects.

It is necessary to consider STC from the point of view of both normative and descriptive concepts of technological processes. The first describe what methods of solving technological problems are correct and encouraged in the organization, and the second - which, from the point of view of the organization's members, are implemented de facto. The analysis of discrepancies between normative and descriptive representations can be an independent object of study that has direct applied significance for management.

The theoretical model of socio-technological culture, considering it as a part of organizational culture, seems to be a promising tool for further study of “soft” management methods in high-tech companies. It is based on the distinction between a set of general principles and values of organizational culture as a whole, and ideas about specific organizational practices associated with the introduction and use of social technologies, which form the specific content of the STC of a high-tech enterprise.

Развитие персонального бренда преподавателя технического вуза

Полищук Н.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Персональный бренд преподавателя технического вуза – это то, что думают о нем другие, как о профессионале или личности. На первый взгляд ничего особенного, но важно понимать, что с момента первой про-ведённой пары начинает формироваться личный имидж преподавателя вуза. Вместе с тем это длительный процесс, который строится не один год и требует больших усилий.

По мнению автора, преподаватель должен быть «и в тренде, и в бренде».

Персональный бренд состоит из трех основных составляющих:

- экспертности – сильные стороны преподавателя вуза в профессиональной сфере;
- социальной роли – позиция в общественной жизни страны или города;
- личности – ценности и персональные качества преподавателя вуза, чаще всего они отражаются в том, как преподаватель общаетесь с аудиторией, какие слова использует. Именно личностные ценности определяют то, с кем сотрудничает преподаватель, о чем пишет, а о чем ни в коем случае писать не будет.

Основной мотив побуждающий к формированию персонального бренда преподавателя вуза – позиционирование в коллективе, научном сообществе, среди студентов и их родителей.

Мы выделили несколько причин, развития персонального бренда преподавателя вуза.

Доверие и влияние: являясь лидером мнения в своем сообществе, можно гораздо быстрее воплотить свои идеи, имея развитый личный бренд. Также руководство учебного заведения будет учитывать мнение та-кого преподавателя при принятии важных решений.

Повышение квалификации: формируя собственный бренд через различные инструменты, в частности портфолио, соцсети, публичные выступления, преподаватель вуза создает видимость и узнаваемость в образовательной сфере. Поэтому здесь персональный бренд – это то, что может существенно ускорить профессиональный успех преподавателя вуза. Кроме того, демонстрацию опыта видит руководство вуза, которое не всегда может попасть на пары; чем больше преподаватель вуза освещает свою деятельность, тем больше его замечают, а это влечет вовлечение в другую деятельность и карьерный рост.

Возможность продвигать свой контент и экспертность: преподаватель может выбрать нишу, в которой он наиболее экспертен, углубляться в ней и делиться знаниями через различные инструменты. Таким образом, преподаватель вуза расширит свою деятельность и сможет стать не толь-ко педагогом, но и тренером, ментором или экспертом, а со временем может монетизировать опыт, который будет приносить дополнительный заработок.

Development of a personal brand of a teacher of a technical university

Polishchuk N.V.
MAI, Moscow, Russia

The personal brand of a teacher of a technical university is what others think of him as a professional or a person. At first glance, nothing special, but it is important to understand that from the moment of the first couple, the personal image of the university teacher begins to form. At the same time, this is a long process, which has been under construction for more than one year and requires a lot of effort.

According to the author, the teacher should be “both in trend and in the brand”.

A personal brand has three main components:

- expertise – the strengths of a university teacher in the professional field;
- social role – position in the public life of a country or city;
- personalities – values and personal qualities of a university teacher, most often they are reflected in how the teacher communicates with the audience, what words he uses. It is personal values that determine who the teacher cooperates with, what he writes about, and in no case will he write about.

The main motive that encourages the formation of a personal brand of a university teacher is positioning in the team, the scientific community, among students and their parents.

We identified several reasons for the development of a personal brand of a university teacher:

Trust and Influence: as an opinion leader in your community, you can turn your ideas into reality much faster with a strong personal brand. Also, the management of the educational institution will take into account the opinion of such a teacher when making important decisions.

Professional development: by forming their own brand through various tools, in particular, portfolio, social networks, public speaking, a university teacher creates visibility and recognition in the educational field. Therefore, here a personal brand is something that can significantly accelerate the professional success of a university teacher. In addition, the demonstration of experience is seen by the leadership of the university, which may not always get into pairs; the more a university teacher covers his activities, the more he is noticed, and this entails involvement in other activities and career growth.

Opportunity to promote their content and expertise: the teacher can choose a niche in which he is most expert, delve into it and share knowledge through various tools. Thus, a university teacher will expand his activities and can become not only a teacher, but also a trainer, mentor or expert, and over time can monetize the experience that will bring additional income.

Роль и способы мотивации персонала

Половова Т.А., Десяткова Е.В.
МГУУ Правительства Москвы, г. Москва, Россия

Мотивация – это сложный механизм, состоящий из различного сочетания форм и методов мотивации.

Существует различные подходы к формированию структуры мотивационного механизма: подход на основе потребностей, имиджевые теории, процессные теории, бихевиоризм и другие.

Большая часть подходов основывается на использовании какого одного аспекта – это не отражает требование современности.

По мнению авторов в настоящее время успешность мотивационного механизма зависит от учета нескольких аспектов.

Современный менеджмент должен основываться на умении сочетать стратегические цели, специфику деятельности и индивидуальность потенциала каждого сотрудника. Поэтому формирование мотивационного механизма необходимо начать прежде всего с построения системы типов достижения сотрудников. Система типов достижений должна подразделяться на несколько уровней: общий - достижения, которые обусловлены трудовыми обязанностями и отражают специфику сферы деятельности, стратегический – достижения, отражающие повышение результатов деятельности и ориентированные на реализацию стратегических целей, индивидуальный – достижения творческого инновационного характера, выходящие за рамки должности. На следующем этапе рекомендуется выявить приоритетные потребности работников – на основе системы оценки установить уровень удовлетворенности сотрудников и выявить виды ключевых мотиваторов для разных категорий сотрудников (поскольку для разных категорий – они разные). Благодаря этому может быть создан шаблон мотиваторов для различных категорий персонала. На следующем этапе должен быть сформирован мотивационный профиль. На основе соотношения типов достижений и ключевых мотиваторов необходимо выявить соответствие типов достижений и ключевых мотиваторов. Выделение ключевых соотношений позволит сформировать пакет мотиваторов. Особой проработки требует установление соотношений ориентированных на индивидуальный блок достижений мотиваторов – инновационных результатов. Чтобы механизм не был статичным необходимо на основе мониторинга обеспечить перманентную актуализацию пакета.

Для авиации и космонавтики, которые относятся к стратегической отрасли государства, создание эффективного мотивационного механизма – это наиболее приоритетная задача, поскольку это создает условия для эффективного стимулирования инновационной деятельности и способствует повышению темпов инновационного развития предприятий данной сферы. Предложенный алгоритм, по мнению авторов, позволит внести вклад в реализацию данной задачи.

Литература:

1. Барков С.А., Пастухова И.В. Мотивация персонала//Организационное поведение: учебник и практикум для бакалавриата. - М.: Юрайт Москва, 2015.

2. Бергер Д., Ланс Б. Энциклопедия систем мотивации и оплаты труда: Подходы, методы, рекомендации // Альпина Паблишер, 2008

3. Мансуров Р.Е Методы нематериальной мотивации персонала./Р.Е.Мансуров — М.: Юрайт, 2012.

4. Токарева Ю.А. Мотивация трудовой деятельности персонала: комплексный подход : монография / Ю.А. Токарева, Н.М. Глухенькая, А.Г. Токарев ; Урал. федер. ун-т им. Б.Н. Ельцина, Шадр. гос. пед. ун-т. – Шадринск : ШГПУ, 2021. – 216 с.

5. Яковец О.Н., Лебединская О.С. Нематериальная мотивация персонала: методы и особенности // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития: материалы Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 14 ноября 2015 г.). – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015.

The role and methods of staff motivation

Polovova T.A., Desyatkova E.V.
MMGU, Moscow, Russia

Motivation is a complex mechanism consisting of various combinations of forms and methods of motivation.

There are various approaches to the formation of the structure of the motivational mechanism: a needs-based approach, image theories, process theories, behaviorism, and others.

According to the authors, at present, the success of the motivational mechanism depends on taking into account several aspects.

Modern management should be based on the ability to combine strategic goals, specificity of activities and individual potential of each employee. Therefore, the formation of a motivational mechanism must begin, first of all, with the construction of a system of types of employee achievement. The system of types of achievements should be subdivided into several levels: general – achievements that are due to work responsibilities and reflect the specifics of the field of activity, strategic – achievements reflecting improved performance and focused on the implementation of strategic goals, individual – achievements of a creative innovative nature that go beyond the position. At the next stage, it is recommended to identify the priority needs of employees – on the basis of the assessment system, establish the level of employee satisfaction and identify the types of key motivators for different categories of employees (since they are different for different categories). Thanks to this, a motivator template can be created for different categories of personnel. At the next stage, a motivational profile should be formed. Based on the ratio of types of achievements and key motivators, it is necessary to identify the correspondence between types of achievements and key motivators. Allocation of key relationships will allow you to form a package of motivators. The establishment of correlations between the motivators' achievements oriented to the individual block of achievements – innovative results requires a special study. In order for the mechanism not to be static, it is necessary, on the basis of monitoring, to ensure a permanent update of the package.

For aviation and astronautics, which belong to the strategic industry of the state, the creation of an effective motivational mechanism is the highest priority task, since it creates conditions for the effective stimulation of innovation and contributes to an increase in the rate of innovative development of enterprises in this area.

References:

1. Barkov S.A., Pastukhova I.V. Staff motivation // Organizational behavior: textbook and workshop for undergraduate. - M .: Yurayt Moscow, 2015.

2. Berger D., Lance B. Encyclopedia of systems of motivation and remuneration: Approaches, methods, recommendations // Alpina Publisher, 2008.

3. Mansurov R.E. Methods of non-material motivation of personnel. / R.E. Mansurov - M .: Yurayt, 2012.

3. Mansurov R.E. Methods of non-material motivation of personnel. / R.E. Mansurov - M .: Yurayt, 2012.

4. Tokareva Yu.A. Motivation of personnel labor activity: an integrated approach: monograph / Yu.A. Tokareva, N.M. Glukhenkaya, A.G. Tokarev; Ural. Feder. un-t them. B.N. Yeltsin, Shadr. state ped. un-t. - Shadrinsk: ShSPU, 2021 .-- 216 p.

5. Yakovets O. N., Lebedinskaya O.S. Non-material motivation of personnel: methods and features // Economics and management: problems, trends, development prospects: materials of the Intern. scientific – practical. conf. (Cheboksary, November 14, 2015). - Cheboksary: Central nervous system "Interactive plus", 2015.

Роль социально-психологического климата в формировании внутрикорпоративного имиджа авиапредприятия

[1]Пономарева Д.И., [2]Пономарева Е.А.

[1]МАИ, [2]МГПУ, г. Москва, Россия

В современных условиях одним из магистральных направлений кадровой работы на высокотехнологичных предприятиях, в том числе, в аэрокосмической отрасли, является обеспечение эффективного функционирования путем внедрения технологий, направленных на совершенствование организационной культуры. Для организации любого профиля очень важна благоприятная психологическая атмосфера, сопровождающая производственный процесс. Повышение внутрикорпоративного рейтинга, формирование позитивного имиджа среди сотрудников является одновременно и стратегической, и тактической задачей развития

компании. Реализация такого подхода требует от HR-менеджеров обладания компетенциями в области управления стрессом и психологии командной работы [1].

В процессе формирования внутреннего имиджа социально-психологический климат играет немаловажную роль, выступая значимым элементом корпоративной культуры авиапредприятия. Индикаторами степени благоприятности климата и психоэмоциональной атмосферы выступают такие параметры, как настроение и распределение социометрических статусов, индивидуальное психологическое самочувствие работника, уровень адаптированности новых сотрудников, их трудовая мотивация. Данные эффекты выражаются, прежде всего, во взаимоотношениях, связанных с производственным процессом и решением общих организационных задач. Члены коллектива как самодостаточные личности определяют его специфическую уникальную микроструктуру, своеобразие которой обуславливается социальными и демографическими аспектами. В качестве дополнительных факторов, определяющих вектор межличностной и профессиональной коммуникации, можно выделить удовлетворенность сотрудников условиями и содержанием профессиональной деятельности, установки и ценностные ориентации, уровень сплоченности, характер типичных конфликтов, включенность сотрудников в жизнедеятельность коллектива. В свою очередь, психологические особенности личности сотрудников улучшают либо затрудняют деловое общение, то есть влияют на формирование социально-психологического климата в трудовом коллективе.

Создание и поддержание позитивного внутрикорпоративного имиджа на основе глубокого понимания социально-психологических мотивов организационного поведения персонала необходимо для предотвращения репутационных рисков авиапредприятия во внешнем коммуникационном пространстве.

1. Пономарева Е.А., Пономарева Д.И. Психологические аспекты стресс-менеджмента в профессиональной деятельности педагогов высшей школы//Высшая школа: опыт, проблемы, перспективы. Материалы XI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Научный редактор В.И. Казаренков. Ч.1. – М.: РУДН, 2018. С. 408-411.

The importance of the socio-psychological climate in the formation of the internal corporate image of the airline

[1]Ponomareva D.I., [2]Ponomareva E.A.
[1]MAI, [2]MCU, Moscow, Russia

In modern conditions, one of the main directions of personnel work at high-tech enterprises, including in the aerospace industry, is to ensure effective functioning through the introduction of technologies aimed at improving organizational culture. A favorable psychological atmosphere accompanying the production process is very important for the organization of any profile. Improving the internal corporate rating, creating a positive image among employees is both a strategic and tactical task of the company's development. The implementation of this approach requires HR managers to have competencies in the field of stress management and the psychology of teamwork [1].

In the process of forming the internal image, the socio-psychological climate plays an important role, acting as an important element of the corporate culture of the airline. Indicators of the degree of favorability of the psycho-emotional atmosphere are such parameters as the mood and distribution of sociometric statuses, the individual psychological well-being of the employee, the level of adaptability of new employees, their work motivation. These effects are expressed, first of all, in the relationships associated with the production process and the solution of common organizational tasks. The members of the collective as self-sufficient individuals determine its specific unique microstructure, the uniqueness of which is determined by social and demographic aspects. As additional factors determining the vector of interpersonal and professional communication, it is possible to highlight the satisfaction of employees with the conditions and content of professional activity, attitudes and value orientations, the level of cohesion, the nature of typical conflicts, the involvement of employees in the life of the team. In turn, the psychological characteristics of the

employee's personality contribute to or hinder the formation of a sense of community, that is, they affect the formation of a socio-psychological climate in the workforce.

Creating and maintaining a positive internal corporate image based on a deep understanding of the socio-psychological motives of employee behavior is necessary to increase the competitiveness of the enterprise, as well as to prevent reputational risks in the external communication space.

1. Ponomareva E.A., Ponomareva D.I. Psychological aspects of stress management in the professional activity of higher school teachers//Higher school: experience, problems, prospects. Materials of the XI International Scientific and Practical Conference. In 2 parts. Scientific editor V.I. Kazarenkov. Part 1. - M.: RUDN, 2018. pp. 408-411.

Особенности подготовки кадров для предприятий ракетно-космической отрасли

Почесчтнев А.А., Перкова Е.П.
МАИ, г. Москва, Россия

В Федеральном законе «О промышленной политике в Российской Федерации» сформулирована цель – формирование высокотехнологичной, конкурентоспособной промышленности, обеспечивающей переход экономики государства от экспортно-сырьевого типа развития к инновационному. Для ее достижения утвержден государственный план подготовки кадров для организаций оборонно-промышленного комплекса. Согласно ему в 2021-2030 годах в вузах предполагается подготовить 91 475 специалистов целевого обучения. Целевая подготовка студентов в профильных ВУЗах страны является одним из инструментов привлечения и удержания молодых специалистов на предприятиях ракетно-космической отрасли, однако в системе работы с студентами целевой подготовки имеется ряд недостатков.

Исследование проводилось в МАИ. Изучались

проблемы обучения и трудоустройства студентов – «целевиков». Выявление проблем базировалось на данных фокус-групп. Было проведено 5 фокус-групп.

Результаты исследования показали проблемы отсутствия заинтересованности студентов в работе на прикрепленном предприятии. Они не вовлечены в жизнь организации, а организация учебного процесса студентов-«целевиков» не сопряжена с потребностями предприятия. Учебные планы вузов и организация образовательного процесса не позволяют студентам совмещать учебу и работу, хотя работодатели нуждаются в этом. Предприятия сталкиваются с проблемами быстрого включения студента в рабочий процесс, т.к. у него отсутствует понимание специфики работы предприятия. Кроме того, фиксируется ценностно-мотивационная проблема в процессе обучения. Студенты не активны в научно-проектной деятельности. Низкая заинтересованность студентов в освоении профессии отмечается и в процессе прохождения производственных практик.

Для устранения выявленных «проблемных зон» необходимо создать систему работы со студентами целевой подготовки, включающую в себя задачи:

- Формирование устойчивого интереса школьников к тематике отрасли и студентов к работе на предприятии и участии в кадровом резерве.
- Отбор абитуриентов для целевого обучения, формирование разноуровневых групп – конструирования траекторий обучения студентов целевого набора в вузе, на предприятии и площадках международной образовательной среды.
- Формирование профессиональных ценностных ориентаций и трудовой мотивации студентов.

Problems of teaching specialists for organizations of the rocket and space industry

Pochestnev A.A., Perkova E.P.
MAI, Moscow, Russia

The Federal Law "Industrial Policy in the Russian Federation" contains information on the direction of industrial development – the formation of a high-tech, competitive industry that ensures the transition of the state's economy from an export-raw-material type to an innovative one. To achieve this, a state plan for the teaching of personnel for organizations of the military-industrial complex has been created. According to it, universities will train 91,475 target specialists in 2021-

2030. Targeted teaching of students is one of the tools for attracting and retaining young specialists in the organizations of the rocket and space industry, however, there are a number of problems in the system of working with students of target teaching.

The study was conducted at the Moscow Aviation Institute (National Research University). Studied problems of training and employment of target students. Problem identification was based on data from five focus groups.

The results of the study showed the problems of students' disinterest in work in the attached organization. They are not involved in the life of the organization, and the organization of the educational process of target students is not associated with the needs of companies. The curricula of universities and the organization of the educational process do not allow students to combine study and work, although employers need it.

Companies are faced with the problem of quickly including a student in the workflow, because he has no understanding of the specifics of the work. In addition, a value-motivational problem is fixed in the teaching process. Students are not active in scientific and project activities. In the process of practical training in the organization, a low interest of students in mastering the profession is recorded.

To eliminate problems, it is necessary to create a system of work with target students, which includes the following tasks:

• The formation of a stable interest of schoolchildren in the topic of the industry and the interest of students in working in companies and participating in the personnel reserve.

• Selection of applicants for targeted teaching and the formation of multi-level groups.

• Creation of training trajectories for target students at universities, companies and sites of the international educational environment.

• The formation of professional value orientations and labor motivation of students.

Проектная деятельность высокотехнологичной организации

Прозоров Д.Е.
МАИ, г. Москва, Россия

Стабильное развитие предприятий авиационно-космической сферы представляется необходимым условием роста всей экономики Российской Федерации. В постоянно изменяющейся внешней среде отечественные высокотехнологичные предприятия вынуждены целенаправленно добиваться новых конкурентных преимуществ и конкурентоспособности разрабатываемых наукоёмких продуктов. Управление предприятиями авиационно-космической сферы долгие годы было ориентировано на текущие операции и реализацию отдельных проектов. Практически исчерпав возможности традиционного подхода, крупные компании и корпорации осознали необходимость реализации новой парадигмы, основанной на применение методологии проектного и программного управления применительно к организации в целом.

Доказавшими свою эффективность формами организации деятельности предприятий авиационно-космического комплекса России, стали проекты и программы создания конкурентоспособной наукоёмкой продукции [1].

Подобный подход основан на принципах общей теории и методологии управления сложными организационно-экономическими системами. Однако практика его использования в управлении высокотехнологичными организациями показала, что не существует универсальной методологии для всех специфических ситуаций реализации сложных проектов и программ создания авиационной и космической техники [2].

Во многом это связано с наличием определенных отличительных особенностей подобных масштабных проектов, таких как высокая неопределенность параметров проектной деятельности, вероятностный характер сценариев одновременной реализации нескольких проектов и постоянная потребность в использовании уникальных дефицитных ресурсов.

Анализ практики проектного управления подтверждает тот факт, что при разработке системы управления проектами существует опасность, когда жесткое следование методологии может взять верх над разумным руководством и управлением. Ориентация

разработчиков систем высокотехнологичными организациями на использование максимально сложных методов часто приводит к потерям времени и дополнительным затратам. Появляющиеся в портфеле организации новые проекты часто не вписываются в сложившиеся рамки организационных схем управления.

Определяющее значение для успешной интеграции нескольких одновременно реализуемых проектов в систему управления организацией имеет их технико-экономическое обоснование с учётом комплекса действующих ситуационных факторов.

Предлагаемый подход представляет собой не что иное, как проблемно-ориентированный принцип адаптации нескольких проектов к системе управления организацией в целом. Он позволяет отечественным высокотехнологичным организациям развиваться и успешно реализовывать проекты и программы создания авиационно-космической техники.

Литература:

1. Прозоров Д.Е. Управление проектами высокотехнологичной корпорации.– М.: Издательство «Доброе слово», 2020г.

2. Прозоров Д.Е., Ряпухин А.В. Задачи управления качеством инновационных проектов технологической направленности при создании авиационной и ракетной техники. Журнал ВАК «Управление экономическими системами», Институт экономики и права, №12(94) — Кисловодск:. 2016г.

Project activity of a high-tech organization

Prozorov D.E.
MAI, Moscow, Russia

The stable development of aerospace enterprises seems to be a necessary condition for the growth of the entire economy of the Russian Federation. In the constantly changing external environment, domestic high-tech enterprises are forced to purposefully seek new competitive advantages and competitiveness of the high-tech products being developed. For many years, the management of aerospace enterprises has been focused on current operations and the implementation of individual projects. Having practically exhausted the possibilities of the traditional approach, large companies and corporations realized the need to implement a new paradigm based on the application of the methodology of project and program management in relation to the organization as a whole.

Projects and programs for the creation of competitive high-tech products have become proven effective forms of organizing the activities of enterprises of the Russian aerospace complex [1].

This approach is based on the principles of the general theory and methodology of management of complex organizational and economic systems. However, the practice of its use in the management of high-tech organizations has shown that there is no universal methodology for all specific situations of the implementation of complex projects and programs for the creation of aviation and space technology [2].

This is largely due to the presence of certain distinctive features of such large-scale projects, such as the high uncertainty of project activity parameters, the probabilistic nature of scenarios for the simultaneous implementation of several projects and the constant need to use unique scarce resources.

The analysis of project management practice confirms the fact that when developing a project management system, there is a danger when strict adherence to methodology can prevail over reasonable management and management. The orientation of system developers by high-tech organizations to use the most complex methods often leads to time losses and additional costs. New projects appearing in the organization's portfolio often do not fit into the established framework of organizational management schemes.

The determining importance for the successful integration of several simultaneously implemented projects into the organization's management system is their feasibility study, taking into account the complex of existing situational factors.

The proposed approach is nothing more than a problem-oriented principle of adapting several projects to the management system of the organization as a whole. It allows domestic high-tech

organizations to develop and successfully implement projects and programs for the creation of aerospace technology.

References:

1. Prozorov D.E. Project management of a high-tech corporation. - M.: Publishing House "Good Word", 2020.

2. Prozorov D.E., Ryapukhin A.V. Tasks of quality management of innovative technological projects in the creation of aviation and rocket technology. Journal of the Higher Attestation Commission "Management of Economic Systems", Institute of Economics and Law, No. 12(94) - Kislovodsk:. 2016.

Управление стратегическим развитием предприятия

Прокопьева А.С., Дубинский М.О., Чигинева Ю.В.

МАИ, г. Москва, Россия

Цель работы заключается в разработке и обосновании базовой модели стратегического управления развитием НЛМК в условиях императивов роста его конкурентоспособности.

Доказана гипотеза о том, что базовая модель стратегического управления развитием НЛМК на среднесрочную перспективу должна базироваться на императивах повышения конкурентоспособности и сохранения конкурентной устойчивости в условиях своевременного реагирования на процессы, сопряженные с изменчивостью потребностей внешней среды по составу, ассортименту и объему сталелитейной продукции.

Для рынка черной металлургии характерна низкая консолидация отрасли. 90% производства обеспечивают НЛМК, ЕВРАЗ, ММК и Северсталь. НЛМК занимает 23% рынка. Россия является чистым экспортером стальной продукции, в основном, продавая стальные заготовки. Это связано с низкой стоимостью производства, вызванной большой сырьевой базой и девальвацией рубля. Основные направления экспорта: Турция, СНГ и Финляндия.

Выполнен анализ стратегических подходов к управлению НЛМК, существовавших до 2018 года, и дана оценка их эффективности. Компания имеет устаревшие фонды основных средств и использует традиционные технологии производства. Основную долю продуктового портфеля составляет продукция с низкой добавленной стоимостью.

Таким образом, существующие целевые установки исчерпали себя и НЛМК необходимо адаптироваться под изменяющиеся условия внешней среды.

Разработана и обоснована базовая модель стратегии до 2025 года с учетом выявленных рыночных тенденций. НЛМК необходимо с одной стороны сосредоточить усилия на удержании лидирующего положения в отношении себестоимости за счет внедрения процессных инноваций, а с другой – сконцентрироваться на рынках с максимальным потенциалом спроса на сталелитейную продукцию. Помимо этого, необходимо провести диверсификацию продуктового портфеля и увеличить производство продукции с высокой добавленной стоимостью. Реализация данной модели в большей степени сопряжена с функционально-производственной стратегией, требующей значительных объемов финансирования под новое строительство. При этом нами произведена оценка эффективности данного проекта.

Для достижения целевых установок базовой модели НЛМК предлагается увеличить производство тонколистового горячекатаного проката на 798 тыс т в год за счет сокращения производства слябов как конечного продукта и реализовать их на российском и азиатском рынках строительной отрасли и трубной промышленности. Реализация стратегии требует открытия дополнительного цеха, в котором будет использоваться современная технология непрерывного литья-прокатки. Данная технология позволит сократить операционные затраты на 30%. Реализация стратегических инициатив требует инвестиций в размере 1 млрд долл до 2025 года, что соответствует историческому уровню капитальных затрат. Цены на сталелитейную продукцию чувствительны к объему производства и потребления. На основании исторических данных смоделирована зависимость спроса и предложения от цены, продифференцирована и составлено уравнение эластичности спроса. На основании данной зависимости был сделан прогноз мировых цен за тонну горячекатаного проката.

Перечисленные целевые установки дадут приток денежных средств в 3 млрд долл до 2025 года и повысят маржинальность НЛМК по показателю EBITDA на 16%. Рассчитанные показатели инвестиционной привлекательности подтверждают, что разработанная модель управления стратегическим развитием предприятия является экономически эффективной.

Enterprise strategic development management

Prokopyeva A.S., Dubinsky M.O., Chigineva Y.V.
MAI, Moscow, Russia

The aim is to develop and substantiate a basic model of strategic management of NLMK's development in the context of the imperatives of increasing its competitiveness.

The hypothesis has been proved that the basic model of strategic management of NLMK's development for the medium term should be based on the imperatives of increasing competitiveness and maintaining competitive stability in conditions of timely response to processes associated with the variability of the needs of the external environment in terms of composition, assortment. and the volume of steel products.

The ferrous metallurgy market is characterized by low industry consolidation. 90% of production is provided by NLMK, EVRAZ, MMK and Severstal. NLMK holds 23% of the market. Russia is a net exporter of steel products, mainly selling steel billets. This is due to the low cost of production caused by the large resource base and the devaluation of the ruble. The main export destinations are Turkey, the CIS and Finland.

The analysis of strategic approaches to NLMK management that existed before 2018 is carried out, and an assessment of their effectiveness is given. The company has outdated fixed assets and uses traditional production technologies. The main share of the product portfolio is made up of products with low added value.

Thus, the existing targets have exhausted themselves and NLMK needs to adapt to changing environmental conditions.

The basic model of the strategy until 2025 has been developed and substantiated, taking into account the identified market trends. On the one hand, NLMK needs to focus its efforts on maintaining a leading position in terms of costs through the introduction of process innovations, and on the other hand, to concentrate on the markets with the maximum potential for demand for steel products. In addition, it is necessary to diversify the product portfolio and increase the production of products with high added value. The implementation of this model is to a greater extent associated with a functional production strategy that requires significant amounts of financing for new construction. At the same time, we have made an assessment of the effectiveness of this project.

To achieve the target targets of the base model, NLMK proposes to increase the production of hot-rolled sheet by 798 thousand tons per year by reducing the production of slabs as a final product and sell them on the Russian and Asian markets of the construction industry and the pipe industry. The implementation of the strategy requires the opening of an additional workshop, which will use modern technology of continuous casting and rolling. This technology will reduce operating costs by 30%. The implementation of strategic initiatives requires investments of $ 1 billion until 2025, which is in line with the historical level of capital expenditures. Prices for steel products are sensitive to production and consumption. Based on historical data, the dependence of supply and demand on price has been modeled, and an equation for the elasticity of demand has been differentiated and compiled. Based on this dependence, a forecast of world prices for a ton of hot-rolled steel was made.

These targets will generate a cash flow of $ 3 billion by 2025 and will increase NLMK's EBITDA margin by 16%. The calculated indicators of investment attractiveness confirm that the developed model for managing the strategic development of an enterprise is economically effective.

Возможности использования искусственного интеллекта в управлении персоналом в авиационной отрасли

[1]Просвирина Н.В., [2]Козлова Е.Г.
[1]МАИ, [2]МГОУ, г. Москва, Россия

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой широкий спектр алгоритмов и инструментов машинного обучения, которые могут быстро получать данные, выявлять закономерности и оптимизировать или прогнозировать тенденции. Системы способны распознавать речь, анализировать фотографии и использовать методы сопоставления с образцом для определения настроения, честности и даже черт характера. Отличительная особенность подобных алгоритмов в том, что они не полагаются на «интуицию», как человек, но при этом работают очень быстро и могут в считанные секунды проанализировать миллионы источников информации и быстро разбить их по необходимым категориям.

Системы искусственного интеллекта, используя данные статистики, способны «прогнозировать» и «обучаться» путем построения кривых возможных решений и последующей оптимизации решений с учетом множества критериев. Поэтому появление искусственного интеллекта изменило привычную деятельность компаний. А в сфере HR ИИ становится эффективным инструментом, который позволяет рассматривать все возможные демографические характеристики, изучать резюме, находить подходящих кандидатов внутри компаний, анализировать потребность в персонале, выявлять высокоэффективных сотрудников, давать расшифровку видеозаписи собеседования с кандидатами, а затем «прогнозировать», насколько эффективно каждый из них будет выполнять свою работу.

Программа, построенная на технологиях искусственного интеллекта, может анализировать переписку сотрудников по электронной почте и определять уровень их удовлетворенности работой, а также выявлять тех сотрудников, которые с большой вероятностью покинут компанию. Данные технологии могут предсказать уход ценного сотрудника и вовремя предложить повышение или другие меры поощрения, чтобы удержать его.

То есть, технологии нейросетей позволяют решать задачи HR практически на любом этапе цикла жизни сотрудника, включая:

- Поиск, подбор и найм сотрудников.
- Адаптацию новых сотрудников.
- Формирование заработной платы.
- Применение системы мотивации и стимулирования труда.
- Обучение персонала.
- Постановку целей и оценку эффективности деятельности.
- Карьерное развитие сотрудников;
- Управление организационной культурой и вовлечённостью в работу.

Важнейшую роль применение технологий искусственного интеллекта в HR играет на предприятиях авиационной отрасли, где поиск, привлечение и удержание ценных высококвалифицированных специалистов, а также оценка качества работы персонала влияет на эффективность и конкурентоспособность всего предприятия. Так как человеческий капитал в настоящее время является самым главным ресурсом и гарантом успешного функционирования авиационной компании.

Литература:

1. Искусственный интеллект в сфере управления персоналом // Deloitte URL: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/ai-in-hr.html (дата обращения: 01.10.2021).

2. Искусственный интеллект меняет рынок HR // Yva.ai URL: https://www.yva.ai/ru/blog/ai-in-hr (дата обращения: 05.10.2021).

3. Акимов А.А., Тихонов А.И. Цифровая трансформация: основные тенденции и влияние на систему управления персоналом предприятия // Вестник Академии знаний. 2020. № 3 (38). С. 36-43.

4. Федотова М.А. Технологии искусственного интеллекта при прогнозировании эффективности командной работы: опыт, проблемы и перспективы практических исследований // Научный результат. Социология и управление. 2019. Т. 5. № 2. С. 93-106.

Opportunities for using artificial intelligence in personnel management in the aviation industry

[1]Prosvirina N.V., [2]Kozlova E.G

[1]MAI, [2]MRSU, Moscow, Russia

Artificial intelligence (AI) is a wide range of machine learning algorithms and tools that can quickly acquire data, identify patterns, and optimize or predict trends. The systems are capable of recognizing speech, analyzing photographs, and using pattern matching techniques to determine mood, honesty, and even character traits. A distinctive feature of such algorithms is that they do not rely on "intuition", as a person does, but at the same time they work very quickly and can analyze millions of information sources in a matter of seconds and quickly divide them into the necessary categories.

Artificial intelligence systems, using statistical data, are able to "predict" and "learn" by plotting curves of possible solutions and subsequent optimization of solutions taking into account a variety of criteria. Therefore, the advent of artificial intelligence has changed the way companies do business. And in the field of HR, AI is becoming an effective tool that allows you to consider all possible demographic characteristics, study resumes, find suitable candidates within companies, analyze the need for personnel, identify high-performing employees, provide transcripts of video recordings of interviews with candidates, and then "predict" how effective each of them will do their job.

The program, built on artificial intelligence technologies, can analyze employee e-mails and determine their level of job satisfaction, as well as identify those employees who are most likely to leave the company. These technologies can predict the departure of a valued employee and offer promotions or other incentives in time to retain them.

That is, neural network technologies allow solving HR problems at almost any stage of the employee's life cycle, including:

- Search, selection and recruitment of employees.
- Adaptation of new employees.
- Formation of wages.
- Application of the system of motivation and labor incentives.
- Staff training.
- Setting goals and assessing the effectiveness of activities.
- Career development of employees.
- Management of organizational culture and work engagement.

The use of artificial intelligence technologies in HR plays the most important role in the enterprises of the aviation industry, where the search, attraction and retention of valuable highly qualified specialists, as well as the assessment of the quality of personnel work, affects the efficiency and competitiveness of the entire enterprise. Since human capital is currently the most important resource and guarantor of the successful functioning of an aviation company.

References:

1. Artificial intelligence in the field of personnel management // Deloitte URL: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/ai-in-hr.html (date accessed: 01.10.2021) .

2. Artificial intelligence is changing the HR market // Yva.ai URL: https://www.yva.ai/ru/blog/ai-in-hr (date accessed: 05.10.2021).

3. Akimov A.A., Tikhonov A.I. Digital transformation: main trends and impact on the enterprise personnel management system // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2020. № 3 (38). P. 36-43.

4. Fedotova M.A. Artificial intelligence technologies for predicting the effectiveness of teamwork: experience, problems and prospects for practical research // Scientific result. Sociology and Management. 2019.Vol. 5. № 2. P. 93-106.

Оценка экономической эффективности инноваций в сфере разработки и производства приводной техники

Пузанов А.В., Лаврищева Е.Е., Смольянинова Ю.В.
КГТА, г. Ковров, Россия

Правительством РФ определены целевые направления и количественные показатели развития экономики (в т.ч. отрасли машиностроения) ("Стратегии развития корпорации Ростех на период до 2025 года", "Программы инновационного развития корпорации Ростех на 2019-2025 годы", "Стратегию развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014-2020 годы и на перспективу до 2025 года"): увеличение объемов производства на 15% при сохранении численности сотрудников.

В связи с появлением необходимости выполнения указанных целей, требований к предприятиям по участию в тендерах по линии гос. услуг (и МинОбороны в частности) возникла задача оценки эффективности инноваций, а также стоимости жизненного цикла изделий.

Для решение данных задач авторами предложен ряд организационно-технических мероприятий по трансформации единой информационной системы предприятия, объединяющей конструкторско-технологическую подготовку производства и планово-экономические подразделения.

Предлагаемый принцип трансформирования заключается в построении системы проектирования на основе блочно-модульного подхода или "конструктивно-технологических элементов". Подобные элементы содержат информацию как конструктивного и технологического характера, так и экономические параметры. Представление конструкторско-технологических данных об изделии регламентируется стандартами серии ISO 10303 и ISO 13584. Серия ГОСТ Р ИСО 10303 поддерживается большинством современных зарубежных и отечественных систем CAE/CAD/CAM и PDM, что облегчает интеграцию принципа в существующие производственные и бизнес-процессы.

Трансформированная подобным образом информационная система предприятия позволяет проводить анализ и оптимизацию эффективности инновационных решений используя методологию и инструменты функционального моделирования (по стандарту IDEF).

В настоящее время предлагаемый подход проходит апробацию на ряде предприятий корпорации Ростех.

Assessment of the economic efficiency of innovations in the development and production of drives

Puzanov A.V., Lavrischeva E.E., Smolyaninova Y.V.
KSTA, Kovrov, Russia

The Government of the Russian Federation has determined target areas and quantitative indicators of economic development (including the engineering industry) ("Development Strategies of the Rostec Corporation for the Period until 2025", "Innovative Development Programs of the Rostec Corporation for 2019 - 2025", "Development Strategy of the Information Industry technologies in the Russian Federation for 2014-2020 and for the future until 2025 "): an increase in production volumes by 15% while maintaining the number of employees.

In connection with the emergence of the need to fulfill these goals, the requirements for enterprises to participate in tenders under the state. services (and the Ministry of Defense in particular) the task arose to assess the effectiveness of innovations, as well as the cost of the life cycle of products.

To solve these problems, the authors have proposed a number of organizational and technical measures to transform the unified information system of the enterprise, combining the design and technological preparation of production and planning and economic units.

The proposed transformation principle is to build a design system based on a block-modular approach or "structural and technological elements". Such elements contain information of both a constructive and technological nature, and economic parameters. The presentation of design and technological data about a product is regulated by the standards of the ISO 10303 and ISO 13584 series. The GOST R ISO 10303 series is supported by most modern foreign and domestic CAE /

CAD / CAM and PDM systems, which facilitates the integration of the principle into existing production and business processes.

The information system of the enterprise transformed in this way allows to analyze and optimize the effectiveness of innovative solutions using the methodology and tools of functional modeling (according to the IDEF standard).

Currently, the proposed approach is being tested at a number of enterprises of the Rostec corporation.

Перспективы использования возобновляемых источников энергии в авиационно-космической отрасли в условиях энергоперехода

Пушкарева М.Б., Пушкарев М.Д., Ляпустина Н.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

Согласно сценарию Международного энергетического агенства на авиационно-космический сектор будет приходиться около 15% роста мирового спроса на нефть к 2030 году. Такой рост автоматически означает, что на этот сектор будет приходиться около 3,5% мировых выбросов диоксида углерода. Изменить такое положение вещей может более активное использование возобновляемых источников энергии. Оптимальным вариантом для повышения энергоэффективности становится устойчивое авиационное топливо (SAF).

SAF – специальное низкоуглеродное авиационное топливо. Оно бывает двух видов: синтетическим, производимым из улавливаемого в атмосфере углерода, и биологическим, выпускаемым из биомассы (животного жира, растительных и обработанных масел, а также отходов некоторых производств). SAF в настоящее время дороже, чем авиакеросин, и эта надбавка к стоимости является ключевым препятствием для их более широкого использования. Расходы на топливо являются крупнейшими накладными расходами авиакомпаний, составляя в среднем 22% прямых затрат, и покрыть значительную надбавку к расходам на использование авиационного биотоплива сложно.

Конкурентоспособность SAF зависит от стоимости его производства по сравнению с ископаемым реактивным керосином (которая зависит от цены на сырую нефть). Для всех видов биотоплива получение экономичного сырья имеет основополагающее значение для достижения конкурентоспособности, поскольку сырье является основным определяющим фактором производственных затрат.

Еще одним вариантом использования ВИЭ в авиационно-космической отрасли является разработка европейского авиаконцерна Airbus, который в настоящее время работает над принципиально новыми авиалайнерами с водородными двигателями и нулевыми выбросами загрязнений. Предполагается, что эти лайнеры будут оснащены модифицированным газотурбинным двигателем, работающим за счет сжигания водорода вместо керосина. Жидкий водород будет храниться в специальных криогенных баках.

И сегодня Международная ассоциация воздушного транспорта одобрила резолюцию о достижении нулевых выбросов углерода. Одним из ключевых инструментов достижения данной цели и является топливо SAF.

Литература:

1. IEA (2019), Are aviation biofuels ready for take off?, IEA, Paris https://www.iea.org/commentaries/are-aviation-biofuels-ready-for-take-off.

2. Barrett, S., P. DeVita, and J. Kenfield. 2019. Renewable Energy as an Airport Revenue Source. Airport Cooperative Research Program. Report 141. Washington, DC. http://www.trb.org/Main/Blurbs/172634.aspx

Prospects for renewable energy in the aerospace industry in the energy transition context

Pushkareva M.B., Pushkarev M.D., Lyapustina N.G.
MAI, Moscow, Russia

According to the scenario of the International Energy Agency, the aerospace sector will account for about 15% of the growth in global oil demand by 2030. Such growth automatically means that this sector will account for about 3.5% of global carbon dioxide emissions. Increased use of

renewable energy can change this situation. Sustainable Aviation Fuel (SAF) is the best option for energy efficiency.

SAF is a special low-carbon aviation fuel. It is of two types: synthetic, produced from carbon captured in the atmosphere, and biological, produced from biomass (animal fat, vegetable and processed oils, as well as waste from some industries). SAF is now more expensive than jet fuel, and this cost surcharge is a key obstacle to their wider use. Fuel costs are the largest overhead costs of airlines, averaging 22% of direct costs, and it is difficult to cover a significant surcharge on the cost of using aviation biofuels.

The competitiveness of SAF depends on the cost of its production compared to fossil reactive kerosene (which depends on the price of crude oil). For all biofuels, the production of economical raw materials is fundamental to competitiveness, since raw materials are the main determinant of production costs.

Another option for the use of RES in the aerospace industry is the development of the European Airbus aircraft concern, which is currently working on fundamentally new airliners with hydrogen engines and zero pollution emissions. It is expected that these airliners will be equipped with a modified gas turbine engine operating by burning hydrogen instead of kerosene. Liquid hydrogen will be stored in special cryogenic tanks.

And today, the International Air Transport Association has approved a resolution on achieving zero carbon emissions. One of the key tools to achieve this goal is SAF fuel.

References:

1.IEA (2019), Are aviation biofuels ready for take off?, IEA, Paris https://www.iea.org/commentaries/are-aviation-biofuels-ready-for-take-off.

2. Barrett, S., P. DeVita, and J. Kenfield. 2019. Renewable Energy as an Airport Revenue Source. Airport Cooperative Research Program. Report 141. Washington, DC. http://www.trb.org/Main/Blurbs/172634.aspx.

3. Sustainable Aviation Fuel 'Monitoring System' | EASA https://www.easa.europa.eu/document-library/research-reports/grant-agreement-easa2015fc21

4.Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО – Москва, 2019. – 210 с.

Модели смешанного обучения иностранному языку с профессионально-ориентированным подходом студентов аэрокосмических вузов

Рыбакова Л.В., Еремеенкова Н.А., Хоткина Е.С., Шаройко Е.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Вызовы, с которыми столкнулось образование в мировом сообществе ставят перед преподавателями задачу трансформации классических моделей обучения и внедрение инновационных. Востребованным и актуальным, учитывая динамику изменений парадигмы образования, является смешанный формат обучения, обозначенный в федеральных документах . Возникает вопрос о приемлемости и эффективности моделей обозначенного формата при обучении иностранному языку с профессионально-ориентированным подходом студентов аэрокосмических вузов.

Цель исследования – рассмотрение и анализ ключевых характеристик смешанного обучения, исследование существующих моделей в контексте приемлемости и эффективности при обучении иностранному языку с профессионально-ориентированным подходом студентов аэрокосмических вузов.

Критерии отбора: логическая архитектура, гибкость, ресурсоемкость.

Объект исследования – смешанное обучения и его модели.

Задачи: анализ публикаций, систематизация и вычленение соответствующих моделей по критериям с учетом особенностей обучения иностранному языку в аэрокосмических вузах, подбор инструментария, методические рекомендации.

Методы: анализ, синтез, сравнение, дедукция, мысленный эксперимент.

Прогнозирование: смешанное обучение на современном этапе будет иметь затяжной характер, поэтому активное внедрение обозначенных нами моделей будет востребованными и эффективными, особенно при формировании иноязычной коммуникативной компетенции. Значительна работа И.Н. Семёновой и А.В. Слепухина. В работе Фандей В.А. обоснован определенный комплекс критериев. В статье Т.Ю. Плетяго, и др. используется функциональный подход к элементам смешанного обучения. Малова Н.В. проводит экспресс-опрос в смешанной модели обучения: задачи, методы и средства проведения . Интересны работы Быкова А.К., Гвоздевой А.В., Глотовой А.В. и др. Методических рекомендаций немного. Изученные нами публикации имеют преимущественно теоретический характер, трудности понятийно-терминологического характера. При анализе публикаций последних лет зарубежных ученых Д. Гариссона, К. Бонка и Ч. Грэхема, Дж. Бергмана, А. Сэмза и др. можно выделить англоязычные термины, ассоциирующиеся с понятием «смешанное обучение»: blended learning, hybrid learning, flipped learning.

Нами было выявлено и проанализировано 28 моделей смешанного обучения. Использовались критерии отбора: логическая архитектура, гибкость, ресурсоемкость. По сути – синонимичные, омофоничные, англоязычные названия моделей аналогичны по содержанию. В силу специфики обучения иностранному языку студентов аэрокосмических вузов осуществляется профессионально-ориентированный подход. Инструментарий: подкасты, кейсы, геймификация, team-building.

Приемлемые модели:

1. Смешанный учебный план.
2. Автономный индивидуальный учебный план.
3. Смешанный ИУП.
4. Онлайн-лаборатория.
5. Очное консультирование/очная сессия.
6. Автономная группа.
7. Онлайн-поддержка.
8. Перевёрнутый класс.
9. Смешанный урок.

Методическая рекомендация – алгоритм работы с моделью «Перевернутый класс».

Смешанное обучение является динамичным, доступным, перспективным, мотивирующим. Минусы – техническая подготовка вузов к поддержке целостного процесса электронного обучения; отсутствие методики преподавания , большие временные затраты.

Многие модели приемлемы и эффективны при обучении иностранному языку с профессионально-ориентированным подходом в аэрокосмических вузах. Перспектива-подтверждение эмпирическим путем.

Models of blended learning of a foreign language with a professionally oriented approach of students of aerospace universities

Rybakova L.V., Eremeenkova N.A., Hotkina E.S., Sharoiko E.A.
MAI, Moscow, Russia

The challenges faced by education in the world community pose for teachers the task of transforming classical teaching models and introducing innovative ones. Given the dynamics of changes in the educational paradigm, the mixed format of education, indicated in federal documents, is in demand and relevant. The question arises about the acceptability and effectiveness of models of the indicated format when teaching a foreign language with a professionally oriented approach to students of aerospace universities.

The purpose of the study is to consider and analyze the key characteristics of blended learning, study existing models in the context of acceptability and efficiency in teaching a foreign language with a professionally oriented approach to students of aerospace universities.

Selection criteria: logical architecture, flexibility, resource intensity.

The object of the research is blended learning and its models.

Tasks: analysis of publications, systematization and isolation of relevant models according to criteria, taking into account the peculiarities of teaching a foreign language in aerospace universities, selection of tools, methodological recommendations.

Methods: analysis, synthesis, comparison, deduction, thought experiment.

Forecasting: blended learning at the present stage will be protracted, therefore the active implementation of the models we have indicated will be in demand and effective, especially in the formation of foreign language communicative competence. The work of I.N. Semyonova and A.V. Slepukhin. In the work of V.A. a certain set of criteria has been substantiated. In the article by T.Yu. Pletyago, et al. Use a functional approach to the elements of blended learning. Malova N.V. conducts an express survey in a blended learning model: tasks, methods and means of conducting. Interesting works by A.K. Bykov, A.V. Gvozdeva, Glotova A.V. and others. Methodical recommendations are few. The publications studied by us are predominantly of a theoretical nature, difficulties of a conceptual and terminological nature. When analyzing the publications of recent years by foreign scientists D. Garisson, K. Bonk and C. Graham, J. Bergman, A. Sams and others, one can single out English terms associated with the concept of "blended learning": blended learning, hybrid learning, flipped learning.

We identified and analyzed 28 blended learning models. The selection criteria were used: logical architecture, flexibility, resource intensity. In fact, synonymous, homophonic, English-language names of models are similar in content. Due to the specifics of teaching a foreign language to students of aerospace universities, a professionally oriented approach is carried out. Toolkit: podcasts, case studies, gamification, team-building.

Acceptable Models:

1. Mixed curriculum.
2. Autonomous Individual Curriculum.
3. Mixed IEP.
4. Online laboratory.
5. Face-to-face counseling/face-to-face session.
6. Autonomous group.
7. Online support.
8. Inverted class.
9. Mixed lesson.

Methodical recommendation – an algorithm for working with the "Inverted class" model.

Blended learning is dynamic, accessible, challenging, motivating. Cons – technical preparation of universities to support a holistic e-learning process; lack of teaching methods, time-consuming.

Many models are acceptable and effective in teaching a foreign language with a professionally oriented approach in aerospace universities. Empirical confirmation perspective.

Подход к разработке организационно-экономического обеспечения решения задачи создания авиационной системы (на примере создания транспортной беспилотной авиационной системы (ТБАС)

Салахутдинов И.Т.
МАИ, г. Москва, Россия

ТБАС – это новая подотрасль авиационного транспорта, представляется как инновационно-инвестиционный проект (ИИП). В авиастроении ИИП связан с неопределенностью, рисками, это – длительный процесс. При ведении ИИП учитываются геополитические вызовы, требование государства, направленность на создание систем двойного назначения

Исследования транспортного авиарынка показывает интерес отечественных, зарубежных эксплуатантов, потребителей услуг беспилотного транспорта; практическая деятельности носит не системный, экспериментальный характер, направлена в основном на оценку организации перевозок.

ТБАС – сложная техническая система, основа – пилотируемая АС.

Проблемы создания ТБАС: недостаточность научно-технического задела и опыта интеграции в транспортно-логистическую систему государства; отсутствие нормативных

актов по созданию; отсутствие технико-экономической методологии оценки реализуемости. Социальная проблема-низкое доверие эксплуатантов и потребителей к беспилотному транспорту, в частности, к авиационному.

Исследования посвящены разработке подходов по созданию организационно-экономического обеспечения решения задач управления созданием проекта ТБАС.

Направлением по решению задачи построения ТБАС может стать механизм создания (МС). МС-совокупность Механизма Принятия Решения (МПР) о создании и Механизма Реализации.

МС предусматривает подходы: технический – создание БВС на основе успешных пилотируемых типовых авиационных проектов; методический – использование существующей нормативной и научно-методической базы по созданию пилотируемых ВС (ПВС); экономический-применение существующей методологии обоснования создания ПВС с адаптацией требований к БВС.

МС-это процесс последовательных действий по выработке решения на создание и механизма реализации проекта. МПР предусматривает создание методов, алгоритмов и инструментов решения проблемы и выработки подходов, способов решения проблемы создания и внедрения ТБАС. МР-поэтапная последовательность создания и внедрения в эксплуатацию ТБАС: вначале-опционально пилотируемых ВС (на основе пилотируемых ВС), затем – БВС (на базе пилотируемых ВС), далее – создание принципиально новых БВС.

Предлагаемый подход направлен на получение опыта, информации для формирования нормативно-правовой, научно-методической базы создания, безопасного применения БВС и составных частей ТБАС, экономической оценки реализации, эксплуатации и, главное-формирования доверия у эксплуатантов, потребителей к беспилотному авиационному транспорту.

Approach to the development of organizational and economic support for solving the problem of creating an aviation system (using the example of transport unmanned aircraft system (TUAS) creation)

Salakhutdinov I.T.
MAI, Moscow, Russia

TUAS is a new sub-sector of aviation transport, presented as an innovation and investment project (IIP). In the aircraft industry IIP is associated with uncertainty, risks, it is a long process. There are several things that should be considered while conducting IIP: geopolitical challenges, the requirement of the state, and the focus on the creation of dual-use systems.

Studies of the transport aviation market reveal the interest of domestic and foreign operators, consumers of unmanned transport services; practical activities are not systematic, experimental in nature, they are mainly aimed at assessing the organization of transportation.

TUAS is a complex technical system, the basis is a manned AS.

Problems of creating TUAS: insufficient scientific and technical background and experience of integration into the transport and logistics system of the state; lack of regulations on creation; lack of technical and economic methodology for assessing feasibility. A social problem is the low confidence of operators and consumers in unmanned transport, in particular, in aviation.

The research is devoted to the development of approaches to the creation of organizational and economic support for solving the tasks of managing the creation of a TUAS project.

The direction for solving the problem of building a TUAS can be the creation mechanism (CM). CM is a set of Decision-Making Mechanism (DMM) on the creation and Implementation Mechanism (IM).

The CM provides for the following approaches: technical – creation of drones based on successful manned standard aviation projects; methodological – use of the existing regulatory and scientific-methodological base for the creation of manned aircraft (MAC); economic – application of the existing methodology for justifying the creation of a MAC with adaptation of requirements to the drones.

CM is a process of sequential actions to develop a solution for the creation and implementation mechanism of the project. DMM provides for the creation of methods, algorithms and tools for

solving the problem and developing approaches, ways to solve the problem of creating and implementing TUAS. IM is a step-by-step sequence of creation and commissioning of TUAS: first - optional manned aircraft (based on manned aircraft), then – drones (based on manned aircraft), then – the creation of fundamentally new UAVs.

The proposed approach is aimed at gaining experience, information for the formation of a regulatory, scientific and methodological base for the creation, safe use of UAVs and components of TUAS, economic evaluation of implementation, operation and, most importantly, the formation of trust among operators, consumers in unmanned aerial transport.

Создание высокоэффективных проектных команд

[1]Семина А.П., [2]Воронцова Ю.В.
[1]МАИ, [2]ГУУ, г. Москва, Россия

Команда – это управляемо развивающаяся малая группа, объединенная общими мотивами, интересами и целями, которая проходит определенные этапы и постоянно совершенствуется для эффективного решения командных задач. Участники команды имеют личную заинтересованность в успехе всей команды.

Для того чтобы сформировать по-настоящему эффективную команду, потребуется пройти непростой путь.

При формировании эффективной команды важно учесть два основных правила организации работы в команде. 1) размер команды. Это связано с тем, что чрезмерное количество людей негативно влияет на сплочение и продуктивное взаимодействие в команде. Кроме того, организация эффективной команды подразумевает создание такой команды, где каждый без исключения участник должен быть на своем месте и выполнять конкретную командную роль в достижении общей цели. 2) подбор состава специалистов не только как профессионалов в определенной области, но и как людей, отличающихся особенностями характера, темпераментом тесного взаимодействия. При выборе конкретного состава команды и определения главных ролей в ней и целей необходимо учитывать некоторые тонкости и особенности. Такая характеристика связана с тем, что образование конкретной команды выполняется под конкретное руководство, учитывая особенности её лидера.

Эффективная рабочая команда возникает не сразу, а проходит в своем формировании определенные этапы. Момент, на который нужно обратить внимание – не всегда целесообразно формировать команду. К примеру, без команды невозможно обойтись в тех ситуациях, когда появляются некоторые неопределенности, рискованные моменты и возникают острые спорные моменты в плане интересов. Но есть ряд условий, при которых команда не оправдывает тех надежд и планов, возлагающихся на нее. С одной стороны, команда может определить и найти решения проблем, которые с одной стороны всех ее членов устраивают, но в то же время не отличаются эффективностью. Стоит отметить, что решения могут напрямую зависеть от склонности к новаторству членов команды. Если поставлена цель быстро принять твердое решение, тогда команда может не справиться, так как здесь потребуется обсуждение, а на это нужно найти время

Литература:

1. Семина А.П. Команда как групповая форма организации труда // Вестник Алтайской академии экономики и права. - 2019. - №12. - С. 128-133.

2. Семина А.П. Основные подходы к толкованию термина "команда" // "Актуальные вопросы управления персоналом" сборник научных статей I Национальной научно-практической конференции. М.: Общество с ограниченной ответственностью "ЭДЕЛЬВЕЙС" (Серпухов), 2019. С. 224-228.

3. Семина А.П., Федотова М.А. Обзор практики компаний в работе с командами // Экономика, предпринимательство и право. - 2020. - Т.10.- №2. - С. 365-376.

4. Семина А.П., Федотова М.А. Формирование и развитие эффективной команды // Московский экономический журнал. - 2019. - №13. - С. 63.

Development highly effective project teams

[1]Semina A.P., [2]Vorontsova Y.V.
[1]MAI, [2]SUM, Moscow, Russia

A team is a manageably developing small group united by common motives, interests and goals, which goes through certain stages and is constantly being improved to effectively solve team problems. Team members have a personal stake in the success of the entire team.

Building a truly effective team takes a tough road.

When forming an effective team, it is important to consider two basic rules for organizing teamwork. 1) team size. This is due to the fact that an excessive number of people negatively affects the cohesion and productive interaction in the team. In addition, the organization of an effective team implies the creation of a team where each participant, without exception, must be in his place and perform a specific team role in achieving a common goal. 2) the selection of the staff of specialists not only as professionals in a particular field, but also as people differing in character traits, the temperament of close interaction. When choosing a specific team composition and determining the main roles and goals in it, it is necessary to take into account some subtleties and peculiarities. This characteristic is due to the fact that the formation of a specific team is carried out under a specific leadership, taking into account the characteristics of its leader.

An effective work team does not appear immediately, but goes through certain stages in its formation. The point to pay attention to is that it is not always advisable to form a team. For example, it is impossible to do without a team in situations where there are some uncertainties, risky moments and sharp controversial moments in terms of interests. But there are a number of conditions under which the team does not live up to the hopes and plans placed on it. On the one hand, the team can identify and find solutions to problems that, on the one hand, all of its members are satisfied, but at the same time are not effective. It is worth noting that decisions can be directly influenced by the innovativeness of the team members. If the goal is to quickly make a firm decision, then the team may not be able to cope, as this will require discussion, and this requires time

References:

1. Semina A.P. Team as a group form of labor organization // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. - 2019. - No. 12. - S. 128-133.

2. Semina A.P. The main approaches to the interpretation of the term "team" // "Topical issues of personnel management" collection of scientific articles of the 1st National Scientific and Practical Conference. M .: Limited Liability Company "EDELWEISS" (Serpukhov), 2019. S. 224-228.

3. Semina A.P., Fedotova M.A. Review of the practice of companies in working with teams // Economics, Entrepreneurship and Law. - 2020. - T.10.- №2. - S. 365-376.

4. Semina A.P., Fedotova M.A. Formation and development of an effective team // Moscow Economic Journal. - 2019. - No. 13. - S. 63.

Совершенствование процедуры анализа финансового положения предприятий авиационной отрасли с учетом влияния неликвидных активов

Сёмина Л.В., Николенко Т.Ю.
МАИ, г. Москва, Россия

Производственно-хозяйственная деятельность предприятий авиационной отрасли обеспечивается не только вследствие использования финансовых, трудовых и материальных ресурсов, но и за счет активов, в том числе неликвидных. Они определяют мощность производственного персонала, влияют на совершенствование средств труда и обеспечивают рост технической оснащенности предприятия. От эффективного использования активов зависит финансовое положение предприятия. Поэтому, в настоящее время информация о состоянии, поступлениях и использовании активов является чрезвычайно актуальной.

Стандартная процедура оценки финансового состояния предприятия включает расчет совокупности коэффициентов платежеспособности, ликвидности, финансовой устойчивости и прочих показателей, характеризующих хозяйственную деятельность. Однако существует объективная необходимость в совершенствовании данного процесса путем внедрения

дополнительного этапа в виде детального изучения факторов влияния неликвидных активов на текущее положение предприятия.

В результате исследования выявлено, что для обеспечения полноты результатов анализа, целесообразно осуществлять следующие этапы оценки:

1. Структурный анализ активов.
2. Выявление неликвидных единиц.
3. Расчет показателей ликвидности.
4. Создание экспертной группы.
5. Определение факторов влияния неликвидных активов.
6. Оценка согласованности мнений экспертов.
7. Разработка направлений улучшения финансового положения.

Под факторами влияния неликвидных активов понимаются показатели, динамика которых оказывает прямое воздействие на их возникновение.

После определения факторов влияния и создания экспертной группы производится процедура присвоения рангов, выделяются наиболее значимые факторы и нивелируется сила их воздействия, что бесспорно приведет к снижению риска возникновения неликвидных активов.

Таким образом, применение данного алгоритма на практике позволит получить более объективные и достоверные результаты о финансовом положении авиационного предприятия и разработать эффективные мероприятия по его укреплению, концентрируясь на приоритетных аспектах влияния.

Литература:

1. Бондаренко А.В. Литературный обзор по вопросам формирования стратегии развития промышленного предприятия. часть 1. Экономика и предпринимательство. 2021. № 1 (126). С. 780-785.

2. Дубинский М.О., Москвичева Н.В. Финансово-экономические риски экономической безопасности предприятия. РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2021. № 1. С. 44-47.

3. Мелик-Асланова Н.О. Разработка методики оценки кредитоспособности предприятия. Финансовая жизнь. 2021. № 1. С. 20-23.

4. Нехрест-Бобкова А.А., Бурдина А.А., Геращенко Н.Н. Совершенствование процедуры контроллинга финансового результата с помощью нейросетевого моделирования. Экономика и предпринимательство. 2019. № 6 (107). С. 703-706.

5. Николенко Т.Ю., Сёмина Л.В. Система экономической безопасности инновационных предприятий. Финансовая экономика. 2019. № 12. С. 72-75.

Improving the procedure for analyzing the financial situation of aviation industry enterprises, taking into account the impact of illiquid assets

Semina L.V., Nikolenko T.Yu.

[1]MAI, Moscow, Russia

The production and economic activity of aviation industry enterprises is ensured not only due to the use of financial, labor and material resources, but also at the expense of assets, including illiquid ones. They determine the capacity of production personnel, influence the improvement of labor tools and ensure the growth of the technical equipment of the enterprise. The financial position of the enterprise depends on the effective use of assets. Therefore, at present, information about the status, receipts and use of assets is extremely relevant.

The standard procedure for assessing the financial condition of an enterprise includes the calculation of a set of coefficients of solvency, liquidity, financial stability and other indicators characterizing economic activity. However, there is an objective need to improve this process by introducing an additional stage in the form of a detailed study of the factors influencing illiquid assets on the current situation of the enterprise.

As a result of the study, it was revealed that in order to ensure the completeness of the analysis results, it is advisable to carry out the following stages of evaluation:

1. Structural analysis of assets.
2. Identification of illiquid units.
3. Calculation of liquidity indicators.
4. Creation of an expert group.
5. Determining the factors of influence of illiquid assets.
6. Assessment of the consistency of expert opinions.
7. Development of directions for improving the financial situation.

The factors of influence of illiquid assets are understood as indicators, the dynamics of which has a direct impact on their occurrence.

After determining the factors of influence and creating an expert group, the ranking procedure is carried out, the most significant factors are identified and the strength of their impact is leveled, which will undoubtedly lead to a reduction in the risk of illiquid assets.

Thus, the application of this algorithm in practice will allow us to obtain more objective and reliable results about the financial situation of an aviation enterprise and develop effective measures to strengthen it, focusing on priority aspects of influence.

Перспективы и специфика использования современных технологий управления персоналом промышленного предприятия для достижения стратегических целей деятельности ракетно-космической отрасли

[1]Силантьева Е.А., [2]Долженко С.Б.
[1]МАИ, г. Москва, Россия;
[2]УрГЭУ, г. Екатеринбург, Россия

Текущее состояние и динамика развития высокотехнологичных отраслей, в том числе ракетно-космической, является одним из значимых стимулов социально-экономического развития экономики страны. Обладая такими особенностями, как наукоемкость и трудоемкость, данный сектор экономики способствует распространению достижений по всем направлениям экономики как внутри страны, так и за ее пределы.

Промышленное производство в России по итогам 2020 года впервые снизилось впервые с 2009 года. При этом, не смотря на положительную динамику в 2021 году, сохраняется нестабильность в экономике и все секторы промышленности продолжают функционировать в условиях неопределенности, то есть сталкиваются с общими проблемами: снижение спроса на продукцию и технологии, сбои в глобальной цепочке поставок, снижение эффективности сложившихся бизнес-моделей и отсутствие гибкой системы управления персоналом. Организации Госкорпорации «Роскосмос» в следствии кризисных явлений в экономике и продолжающейся пандемии несут многомиллиардные потери из-за сокращения выручки и чистой прибыли от зарубежных контрактов, а также с незапланированными расходами на оплату нерабочих дней и простоя персонала, расходами на средства индивидуальной защиты и тестирование сотрудников, дезинфекцию. Производство ракетно-космической техники характеризуется длительным производственным циклом, в связи с чем ожидается пролонгированное воияние данных факторов на экономические показатели организаций Госкорпорации не менее чем на ближайшие три года. Исследование показало, что компании, вкладывающие средства в инновационное развитие (в том числе в области построения гибких бизнес-моделей и внедрения цифровых технологий) и совершенствование системы управления персоналом оказываются наиболее устойчивыми на рынке и эффективными в долгосрочной перспективе.

С целью выявления перспектив и специфики использования современных технологий управления персоналом для достижения стратегических целей деятельности Госкорпорации авторами проанализирован накопленный опыт применения традиционных и инновационных подходов к управлению персоналом и рассмотрена практика реформирования системы управления персоналом на предприятиях ракетно-космической отрасли.

Авторами сделан вывод о том, что основная задача для достижения стратегических целей промышленного предприятия, в частности для предприятий ракетно-космической отрасли - это эффективная адаптация краткосрочных и среднесрочных планов с учетом текущей и

прогнозируемой социально-экономического обстановки. В частности, в области управления персоналом требуется разработка гибкой системы управления персоналом и внедрение инновационных технологий управления персоналом, позволяющих в краткосрочной перспективе провести оптимизацию кадрового состава, в среднесрочной перспективе стимулировать привлечение и удержание высококвалифицированных специалистов и в долгосрочной перспективе перейти от управления занятостью к управлению балансом компетенций. Рассмотренный подход может стать основой для повышения конкурентоспособности ракетно-космической промышленности на мировом рынке и позволит занять лидирующие позиции по качеству и эффективности деятельности.

Innovative technologies of industrial personnel management and the specifics of this application to achieve the strategic goals of the rocket and space industry

[1]Silantieva E.A., [2]Dolzhenko S.B.

[1]MAI, Moscow, Russia

[2]Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The development of high-tech industries, including the rocket and space industry, stimulates the socio-economic development of the country's economy. This sector of the economy is knowledge-intensive and labor-intensive, and therefore it spreads its achievements in all areas of the economy in the country and abroad.

Industrial production in Russia fell for the first time since 2009 at the end of 2020. In 2021, positive dynamics appeared, but instability in the economy remained. All sectors of the industry operate in conditions of uncertainty and have common problems: reduced demand for products and technologies, disruptions in the global supply chain, reduced efficiency of business models and a lack of flexible personnel management systems. The organizations of the State Corporation Roscosmos are suffering multibillion losses as a result of the crisis in the economy and the pandemic. This happens because the revenue and net profit from foreign contracts are reduced, as well as unplanned expenses for payment of non-working days and downtime of personnel, expenses for personal protective equipment and testing of employees, and disinfection occur. The production of rocket and space technology has a long production cycle, therefore, the prolonged influence of the above factors on the economic indicators of the State Corporation's organizations is expected for at least the next three years. The study showed that companies investing in innovative development (including in the field of building flexible business models and introducing digital technologies) and improving the personnel management system are the most stable in the market and effective in the long term.

In order to identify the prospects and specifics of using modern personnel management technologies to achieve the strategic goals of the State Corporation's activities, the authors analyzed the accumulated experience of using traditional and innovative approaches to personnel management and considered the practice of reforming the personnel management system at enterprises of the rocket and space industry.

The authors concluded that the main task for achieving the strategic goals of an industrial enterprise, in particular for enterprises of the rocket and space industry, is the effective adaptation of short-term and medium-term plans, taking into account the current and projected socio-economic situation.

In particular, the development of a flexible personnel management system and the introduction of innovative personnel management technologies are required. This will make it possible to optimize the workforce, stimulate the attraction and retention of highly qualified specialists and, in the future, move from employment management to managing the balance of competencies. The considered approach can become the basis for increasing the competitiveness of the rocket and space industry in the world market and will allow it to take a leading position in the quality and efficiency of activities.

Внутрикорпоративная культура организации как фактор развития ESG

[1]Смирнова Т.С., [2]Камышников И.Н.
[1]МАИ, г. Москва, Россия;
[2]Университет Мачераты, г. Мачерата, Италия

В современном быстро развивающемся мире усиливаются ожидания к социально ответственному бизнесу, который в сочетании с долгосрочной доходностью стремится учитывать многочисленные экологические, социальные и управленческие аспекты своей деятельности, оказывающие влияние на все заинтересованные стороны, в том числе потребителей, Применяя современные технологии и средства, бизнес с государственной поддержкой может способствовать созданию справедливого честного мира. Компании при разработке стратегического развития должны опираться на ESG-принципы (экологическое, социальное и корпоративное управление). В отчетности по социальной ответственности раскрывается информация связанная с экологическим, социальным и экономическим воздействием организации в результате своей деятельности.

В связи с этим встает вопрос о необходимости подготовки менеджеров высшего звена аэрокосмической области, экспертов в области ESG. Также нужно учитывать новые компетенции выпускника вуза, который наравне с решением своих профессиональных, управленческих задач сможет ставить цели и задачи по реализации принципов целей устойчивого развития. Встает вопрос о внедрении применения этих принципов в организациях не только менеджерами, но рядовыми членами компаний, с помощью формирования новой корпоративной культуры. Понимание и осознание важности внедрения и соблюдения этих принципов существенным образом отразиться на деловом имидже компании. Конечно, нельзя обойти вопрос о мотивации и стимулировании сотрудников в приверженности развития и внедрения принципов ЦУР и сотрудничестве между заинтересованными сторонами ESG в организации.

Литература:

1. Камышников И.Н., Смирнова Т.С., Тихонов А.И. (2021) Устойчивое развитие: переработка отходов и круговая экономика. В кн .: Семенов А.В., Соколов И.А. (ред.) Устойчивое развитие: общество, экология, экономика. Библиотека наук о Земле и окружающей среде. Спрингер, Чам. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73110-6_11.

Corporate culture of the organization as a factor in the development of ESG

[1]Smirnova T.S., [2]Kamyshnikov I.N.
[1]MAI, Moscow, Russia;
[2]University of Macerata, Macerata, Italy

In today's rapidly developing world, expectations for a socially responsible business are increasing, which, in combination with long-term profitability, seeks to take into account the numerous environmental, social and management aspects of its activities that affect all stakeholders, including consumers. Government support can help create a just and honest world. Companies must rely on ESG principles when developing strategic development. Social responsibility reporting discloses information related to the environmental, social and economic impact of the organization as a result of its activities.

In this regard, the question arises about the need to train senior aerospace managers, experts in the field of ESG. You also need to take into account the new competencies of a university graduate, who, along with solving his professional, managerial tasks, will be able to set goals and objectives for the implementation of the principles of sustainable development goals. The question arises about the introduction of the application of these principles in organizations not only by managers, but by ordinary members of companies, through the formation of a new corporate culture. Understanding and realizing the importance of implementing and adhering to these principles will significantly affect the business image of the company. Of course, the issue of motivating and motivating employees to commit to the development and implementation of the SDG principles and collaboration between ESG stakeholders in the organization cannot be ignored.

References:

1. Kamyshnikov I.N., Smirnova T.S., Tikhonov A.I. (2021) Sustainable Development: Waste Recycling and Circular Economy. In: Semenov A.V., Sokolov I.A. (eds) Sustainable Development: Society, Ecology, Economy. Earth and Environmental Sciences Library. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73110-6_11.

Управление рисками небезопасного поведения на основе цифрового профиля личности

Соколов Л.А.

МГУУ Правительства Москвы., г. Москва, Россия

Доля человеческого фактора в ряду причин различного рода происшествий в авиации традиционно занимает порядка 70-80% [1,2], а в некоторые годы и более. Причем, данная проблема касается сотрудников практически всех служб. В других отраслях деятельности человека ситуация не сильно отличается. [3]

Проведенный нами анализ показывает, что основными причинами нарушений и небезопасного поведения являются следующие:

Незнание. Нарушения могут иметь место потому, что человек просто не знал о каких-либо требованиях, правилах и нормах, до него не была доведена какая-либо значимая информация.

Недостаточные способности, т.е. неосознания или неправильное осознание человеком, с одной стороны, правил и норм, требований, предъявляемых к поведению в определенных ситуациях, а, с другой, неспособность адекватно оценить ситуацию, в частности выполнить анализ рисков, в т.ч. динамическую оценку рисков.

Личностные черты, формирующие предрасположенность человека к небезопасному поведению. В то же время, существует и обратный феномен, - наличие у человека совокупности личностных черт, формирующих предрасположенность к проявлению «компетенций безопасности».

Давление со стороны внешних факторов или окружения. Соответственно, оборотной стороной в данном случае является наличие личностных черт, формирующих устойчивость к давлению.

Ряд исследований, в т.ч. выполненных российскими авторами, говорят о том, что можно определить некие совокупности личностных черт, предопределяющих то или иное поведение человека на работе и, следовательно, формирующих предрасположенность к успешному или неуспешному выполнению работы. [4]

В основе технологии оценки лежит не просто изучение определенных качеств личности, но и анализ их сочетаний, позволяющий формировать цифровые профили для оценки, с одной стороны, так называемых «компетенций безопасности», т.е. моделей поведения, обеспечивающих безопасное поведение в процессе выполнения работы. В частности, мы используем разработанные в России инструменты оценки в виде батарей профессиональных тестов, тестов способностей и профессиональных личностных опросников семейства DEEP, размещенных в системе онлайн оценки ONTARGET. [5]

Наши исследования, выполненные с помощью критериальных выборок, показывают, что руководители, имеющие данные сочетания качеств, допускают на своих участках намного меньше нарушений.

Формирование цифровых профилей позволяет автоматизировать процесс оценки персонала с точки зрения ряда факторов, в т.ч. рисков небезопасного поведения.

Литература:

1. Johnson, W.B. (2016). PEAR Model Approach in Applying Human Factors to Enhance Aviation Safety. Journal of Aviation Management, Singapore: Singapore Aviation Academy. Fall, 2016, pp. 19-28.

2. Заквасин А., Комарова Е., Человеческий фактор: как катастрофа лайнера А320 во Французских Альпах изменила мировую авиацию. //АвиваПОРТ. https://www.aviaport.ru/digest/2020/03/24/631971.html Электронный ресурс. Дата посещения: 04.11.21.

3. Sensemaking in Safety Critical and Complex Situations. Human Factors and Design. Edited By Stig Ole Johnsen, Thomas Porathe. - CRC Press. -2021. 292 C.

4. Simonenko, S., Thornton, G. C. III, Gibbons, A. M., & Kravtcova, A. Personality correlates of assessment center consensus competency ratings: Evidence from Russia. // International Journal of Selection and Assessment, -2013. -21(4), 407–418.
5. https://ontarget.ru/solutions#!/tab/348120446-2 Электронный ресурс. Дата посещения 03.11.2021.

Risk management of unsafe behavior based on digital personality profile

Sokolov L.A.
MMGU, Moscow, Russia

The share of the human factor in a number of causes of various kinds of accidents in aviation traditionally takes about 70-80% [1,2], and in some years and more. Moreover, this problem concerns employees of almost all services. In other areas of human activity, the situation is not very different. [3]

Our analysis shows that the main causes of violations and unsafe behavior are the following:

Ignorance. Violations can occur because a person simply did not know about any requirements, rules and regulations, and any significant information was not communicated to him.

Lack of abilities, ie. unawareness or misunderstanding by a person, on the one hand, of the rules and norms, requirements for behavior in certain situations, and, on the other hand, inability to adequately assess the situation, in particular to perform a risk analysis, incl. dynamic risk assessment.

Personality traits that form a person's predisposition to unsafe behavior. At the same time, there is also a reverse phenomenon – a person has a set of personality traits that form a predisposition to the manifestation of "security competencies."

Pressure from external factors or the environment. Accordingly, the downside in this case is the presence of personality traits that form resistance to pressure.

A number of studies, incl. performed by Russian authors suggest that it is possible to determine certain sets of personality traits that predetermine a particular behavior of a person at work and, therefore, form a predisposition to successful or unsuccessful performance of work. [4]

The assessment technology is based not only on the study of certain personality traits, but also on the analysis of their combinations, which makes it possible to form digital profiles for assessing, on the one hand, the so-called “safety competencies”, i.e. patterns of behavior that ensure safe behavior in the process of performing work. In particular, we use assessment tools developed in Russia in the form of batteries of professional tests, aptitude tests and professional personality questionnaires of the DEEP family, posted in the ONTARGET online assessment system. [5]

Our research shows that managers who have these combinations of qualities commit much fewer violations in their areas than managers who do not have these combinations of qualities.

The formation of digital profiles makes it possible to automate the personnel assessment process in terms of a number of factors, incl. risks of an unsafe behavior.

References:

1. Johnson, W.B. (2016). PEAR Model Approach in Applying Human Factors to Enhance Aviation Safety. Journal of Aviation Management, Singapore: Singapore Aviation Academy. Fall, 2016, pp. 19-28.
2. Заквасин А., Комарова Е., Человеческий фактор: как катастрофа лайнера А320 во Французских Альпах изменила мировую авиацию. //АвиваПОРТ. https://www.aviaport.ru/digest/2020/03/24/631971.html Электронный ресурс. Дата посещения: 04.11.21.
3. Sensemaking in Safety Critical and Complex Situations. Human Factors and Design. Edited By Stig Ole Johnsen, Thomas Porathe. - CRC Press. -2021. 292 C.
4. Simonenko, S., Thornton, G. C. III, Gibbons, A. M., & Kravtcova, A. Personality correlates of assessment center consensus competency ratings: Evidence from Russia. // International Journal of Selection and Assessment, -2013. -21(4), 407–418.
5. https://ontarget.ru/solutions#!/tab/348120446-2 Электронный ресурс. Дата посещения 03.11.2021.

Системы накопления энергии – революция в энергосистемах

Солодова А.Д., Козловцев С.А., Евграфова С.О., Пьянов З.М., Ванесян О.Г.
МАИ, г. Москва, Россия

В электроэнергетике работает базовый технологический принцип – соответствие уровня генерации и потребления электроэнергии, что обуславливает необходимость поддержания баланса между вырабатываемой и потребляемой мощностью. На предприятиях авиационной промышленности возможны качественные структурные изменения: увеличение доли генерации с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Нестабильность ВИЭ обусловлена зависимостью от погодных условий, и сглаживается традиционной генерацией энергии. Однако это не решает проблему баланса полностью, имея экономические и технологические ограничения. Радикально проблема решается при условии широкого внедрения систем накопления энергии (СНЭ), что становится одним из ключевых направлений развития предприятий и электроэнергетики в целом [1].

СНЭ сейчас получают все больше различных функций, что дает возможность прогнозировать и регулировать энергопотребление, снижать затраты на внедрение ВИЭ.

На данный момент внедрение этих технологий следует тщательно экономически и технологически обосновывать [2]. А для максимальной эффективности, необходимо использовать как можно больше возможностей СНЭ, а именно:

1. Стабилизация мощностей ВИЭ на электростанциях и в распределенных энергосистемах.
2. Выравнивание суточных графиков нагрузки.
3. Снижение зависимости от ограничения энергоресурсов.
4. Повышение надежности энергоснабжения и противоаварийное применение [3].

На данный момент отрасль СНЭ находится в стадии бурного развития: к 2040 году прогнозируется увеличение мировой мощности СНЭ до 1000 ГВт. В России прогноз хуже: 10-15 ГВт к 2030 году, что связано, прежде всего, с зависимостью энергоснабжения от традиционных источников, чем с отсутствием перспективы внедрения СНЭ [4].

Необходимо уже сейчас развивать СНЭ, делать их более доступными, и быть готовыми оперативно внедрять их в существующие энергосистемы аэрокосмической отрасли России. Сокращать отставание наших систем можно уже сейчас, переходя от традиционной архитектуры энергосистем к новым мировым тенденциям генерации и накопления.

Предприятия сектора аэрокосмической отрасли потребляют значительное количество энергоресурсов для выпуска высокотехнологичной продукции и обладают высоким потенциалом повышения энергоэффективности. Процесс выпуска такой продукции должен соответствовать современным тенденциям автоматизации и управления производством. СНЭ уже зарекомендовали себя на предприятиях обрабатывающей промышленности, поэтому внедрение в аэрокосмическую отрасль вопрос времени.

Литература:

1. Сайт ООО «Системы накопления энергии» / [Электронный ресурс] // URL: http://estorsys.ru/ (дата обращения 21.02.21).

2. Старченко А., «Reinventing Energy: как новые технологии меняют электроэнергетику» / [Электронный ресурс] // URL: https://energiavita.ru/wp-content/uploads/2019/10/StarchenkoAG_2018-05-17_sm.pdf (дата обращения 21.02.21).

3. Общественно-деловой научный журнал «Энергетическая политика» №6(148), июнь 2020 / «Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт» с.76-87 [Электронный ресурс] // URL: http://estorsys.ru/images/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_6.pdf (дата обращения 21.02.21).

4. Статья «Системы накопления энергии: от мечты к повсеместному применению» / [Электронный ресурс] // URL: https://4s-info.ru/2020/02/27/sistemy-nakopleniya-energii-ot-mechty-k-povsemestnomu-primeneniyu/ (дата обращения 21.02.21).

Energy storage systems – revolution in power systems

Solodova A.D., Kozlovcev S.A., Evgrafova S.O., Pyanov Z.M., Vanesyan O.G.
MAI, Moscow, Russia

In the electric power industry, a basic technological principle works – the correspondence of the level of generation and consumption of electricity, which necessitates maintaining a balance between the generated and consumed power. At the enterprises of the aviation industry, qualitative structural changes are possible: an increase in the share of generation using renewable energy sources (RES). The instability of renewable energy sources is due to the dependence on weather conditions, and is smoothed out by traditional energy generation. However, this does not completely solve the balance problem, having economic and technological limitations. The problem is radically solved subject to the widespread introduction of energy storage systems (ESS), which becomes one of the key areas for the development of enterprises and the electric power industry as a whole [1]. SNEs are now getting more and more different functions, which makes it possible to predict and regulate energy consumption, reduce the cost of introducing renewable energy sources.

At the moment, the introduction of these technologies should be thoroughly economically and technologically justified [2]. And for maximum efficiency, it is necessary to use as much of the SNE as possible, namely:

1. Stabilization of RES capacities at power plants and in distributed power systems.
2. Alignment of daily load schedules.
3. Reducing dependence on energy resource constraints.
4. Improving the reliability of power supply and emergency use [3].

At the moment, the AED industry is in a stage of rapid development: by 2040, the global AED capacity is projected to increase to 1000 GW. In Russia, the forecast is worse: 10-15 GW by 2030, which is primarily due to the dependence of energy supply on traditional sources, rather than the lack of prospects for the introduction of SNE [4].

It is necessary to develop SNE now, make them more accessible, and be ready to promptly introduce them into the existing energy systems of the aerospace industry in Russia. It is possible to reduce the backlog of our systems already now, moving from the traditional architecture of power systems to new global trends in generation and accumulation.

Enterprises in the aerospace sector consume a significant amount of energy for the production of high-tech products and have a high potential for improving energy efficiency. The process of releasing such products should correspond to modern trends in automation and production management. SNEs have already established themselves in the manufacturing industry, so it is only a matter of time before the introduction into the aerospace industry.

Ключевые направления цифровой трансформации в сфере охраны труда

Судукова К.А., Мессинева Е.М., Крюкова В.А.
МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время разрабатывается новый подход к развитию одной из важнейших отраслей экономики – электроэнергетики, являющейся основой для таких передовых отраслей, как авиастроение. Данный подход включает внедрение информационных технологий, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. В перспективе это должно привести к повышению производительности труда, большей безопасности работников, а также к повышению конкурентоспособности.

Ключевой составляющей этого процесса является постепенная цифровая трансформация в сфере охраны труда на предприятиях электроэнергетики и авиастроения с помощью создания единой цифровой платформы. Ее основными направлениям являются:

• Интерактивное обучение сотрудников (в том числе с помощью виртуальной реальности (VR) и подсказок, использующих дополненную реальность (AR) в ходе работы).

• Значительная автоматизация бизнес-процессов.

• Организация объективного контроля персонала (геопозиционирование, контроль состояния здоровья, оценка компетенций работников и последующая их аттестация).

Для охраны труда одно из основных направлений, требующих постоянного мониторинга, является контроль обучения и проверка знаний у работников по направлениям охраны труда, так как первоначально корректные действия при выполнении работ ведут к минимизации производственного травматизма. Кроме того, автоматизация процесса наблюдения за состоянием здоровья работников поможет свести к минимуму профессиональную заболеваемость.

Технологии виртуальной реальности повышают эффективность обучения за счет погружения обучаемого в среду и максимального приближения восприятия учебного сценария к реальной ситуации. При этом стоимость такого метода обучения персонала будет на порядок ниже стоимости физических тренажеров. При использовании средств VR и AR достигается повышение эффективности обучения, вариативность и оперативная обновляемость сценариев, экономия времени и денег на проведении обучения. В VR-тренажере может быть в точности воспроизведены реальные помещения, объекты, обстановка, сценарии, при которых вероятны несчастные случаи.

Современные цифровые технологии позволят повысить эффективность контроля за здоровья персонала, например, с помощью создания цифрового двойника работника.

Создание единой цифровой платформы для управления охраной труда позволит выйти производству на новый более безопасный уровень, оценивать и прогнозировать текущее и перспективное состояние производства, принимать качественные управленческие решения.

Литература:

1. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 (ред. от 30.11.2016) «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».

2. Приказ Минздрава РФ от 28.01.2021 № 29Н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников…».

3. Официальный сайт Министерства энергетики РФ [Электронный ресурс] https://minenergo.gov.ru/node/539#. (дата обращения 23.10.2021).

4. [Электронный ресурс] https://trends.rbc.ru/trends/industry. (дата обращения 23.10.2021).

5. Официальный сайт Международного форума Технологии безопасности [Электронный ресурс] https://www.tbforum.ru/blog/transformaciya-promyshlennoj-bezopasnosti-i-ohrany-truda-na-proizvodstve. (дата обращения 23.10.2021).

Key areas of digital transformation in the labor protection

Sudukova K.A., Messineva E.M., Kryukova V.A.
MAI, Moscow, Russia

Currently, a new approach to the development of one of the most important sectors of the economy – the electric power industry – is being worked out, which the basis for such is advanced industries as aircraft construction. This approach includes the introduction of information technology, large-scale business processes automation and the artificial intelligence spread. In the long term, this should lead to the labor productivity increasing, greater worker safety, as well as to the competitiveness increasing.

A key component of this process is a gradual digital transformation in the labor protection field at energy enterprises and aircraft industry through the creation of a single digital platform. Its main areas are:

- Employees interactive training (including using virtual reality (VR) and tips using augmented reality (AR) in the course of work).
- Significant automation of business processes.
- Personnel objective control organization (geo-positioning, monitoring of health status, assessment of the competence of employees and their subsequent certification).

For labor protection one of the main areas requiring constant monitoring is the control of training and testing the knowledge of workers in the areas of labor protection, since initially correct actions during the performance of work lead to minimization of industrial injuries. In addition the automation of the process of monitoring the health of workers will help to minimize occupational morbidity.

Virtual reality technologies increase the effectiveness of teaching by immersing the student in the environment and maximally approximating the perception of the educational scenario to the real situation. At the same time, the cost of this method of personnel training will be an order of magnitude lower than the cost of physical simulators. During VR and AR tools usage an increase in the training effectiveness, scenarios variability and operational updating saving time and money for training could be achieved. The VR simulator can accurately reproduce real rooms, objects, surroundings, scenarios in which accidents are possible.

Modern digital technologies will make it possible to improve the efficiency of personnel health control, for example, by creating a digital employee twin.

The unified digital platform creation for the labor protection management will allow production to reach a new safer level, assess and predict the current and future state of production and personnel, and make high-quality management decisions.

Оценка эффективности проектных бизнес-процессов

Суркова Е.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Производственные процессы отечественных компаний в современных условиях представляют собой совокупность сложных цепочек технологических процессов. Предприятиям трудно отследить все механизмы процессов и уровни, на которых они осуществляются, взаимодействуют между собой, а также выявить причинно-следственные связи. Зачастую это приводит к непредсказуемым результатам управляющих воздействий на бизнес-процессы.

В условиях цифровизации эффективное функционирование компании зависит не только от качества созданной системы управления, но и от ее способности своевременно адаптироваться к возможным изменениям внешней среды. Поэтому, целесообразно сосредоточиться на создании условий для эффективного функционирования системы управления, базирующейся на информационной системе, обеспечивающей качество этого управления, способствующей выработке эффективных решений в быстро меняющихся условиях окружающей среды, координации и интеграции действующих бизнес-процессов, а также разработке новых.

Анализ различных подходов и методов моделирования бизнес-процессов позволил автору разработать практические рекомендации, учет которых поспособствует созданию эффективной системы управления бизнес-процессами. Эффективное моделирование бизнес-процессов позволит проанализировать механизмы функционирования процессов, выявить связующий элемент между компонентами системы показателей – причинно-следственные связи, оценить эффективность реализации информационной системы и провести анализ системы управления, сформировать систему показателей и критериев эффективной реализации бизнес-процессов. Однако, следует учитывать, что разработанная модель не всегда может выявить все связи процессов в системе и влияние на нее факторов.

Автором с помощью метода анализа иерархий и языка программирования C++ был проведен анализ проектных бизнес-процессов. Написанная программа, позволила распределить критерии по группам, соотнести их значения между собой и дать оценку иерархиям. При сопоставлении критериев были использованы коэффициенты, позволяющие оценить соответствие вариативности. Программа рассчитывает коэффициенты по группам (риск, прибыль, выбор). В следствие сопоставлений для выбора обозначенных проектов выбирается наиболее прибыльный.

Таким образом, представленный подход и применение программного обеспечения по оценке и анализу иерархий дает возможность увеличить точность проводимых сложных вычислений, сократить время обработки информации, управлять изменениями в условиях риска и неопределенности.

Assessment of the effectiveness of project business processes

Surkova E.V.
MAI, Moscow, Russia

The production processes of domestic companies in modern conditions are a set of complex chains of technological processes. It is difficult for enterprises to track all the mechanisms of processes and the levels at which they are carried out, interact with each other, and also identify cause-and-effect relationships. This often leads to unpredictable results of control actions on business processes.

In the context of digitalization, the effective functioning of a company depends not only on the quality of the created management system, but also on its ability to timely adapt to possible changes in the external environment. Therefore, it is advisable to focus on creating conditions for the effective functioning of the management system, which is based on an information system that ensures the quality of this management, contributes to the development of effective solutions in a rapidly changing environment, coordination and integration of existing business processes, as well as the development of new ones.

Analysis of various approaches and methods for modeling business processes allowed the author to develop practical recommendations, the consideration of which will contribute to the creation of an effective business process management system. Effective modeling of business processes will allow you to analyze the mechanisms of the functioning of processes, identify the connecting element between the components of the indicator system - cause and effect relationships, assess the effectiveness of the implementation of the information system and analyze the management system, form a system of indicators and criteria for the effective implementation of business processes. However, it should be taken into account that the developed model cannot always reveal all the connections of processes in the system and the influence of factors on it.

Using the method of hierarchy analysis and the C ++ programming language, the author analyzed the design business processes. The written program made it possible to distribute the criteria into groups, correlate their values with each other and give an assessment of the hierarchies. When comparing the criteria, coefficients were used to assess the compliance of variability. The program calculates the coefficients by group (risk, profit, choice). As a result of comparisons, the most profitable one is selected for the selection of the indicated projects.

Thus, the presented approach and the use of software for the assessment and analysis of hierarchies makes it possible to increase the accuracy of complex calculations, reduce the processing time of information, and manage changes in conditions of risk and uncertainty

Информационный повод как способ привлечения внимания к деятельности организации (на примере Международных аэропортов Внуково и Шереметьево)

Тараненко А.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Актуальность данной темы определяется тем, что во время летнего период компаниям очень сложно находить информационные поводы, которые смогут привлечь внимание общественности.

Предметом данной работы являются информационные поводы российских аэропортов Внуково и Международный аэропорт Шереметьево (МАШ) за лето 2021 года.

Основным доступным источником, из которого можно получить информацию об информационных поводах, производимых пресс-службами компаний, являются PR-тексты, опубликованные на официальном сайте организаций.

Так, на официальном сайте аэропорта Внуково за лето (с 1 июня по 26 августа) 2021 года была опубликовано 38 PR-текстов: 20 пресс-релизов, 7 информационных писем и 11 поздравлений. Так, в июне было опубликовано 10 текстов (6 пресс-релизов, 1 поздравление и 3 информационных письма); в июле 23 текста (9 пресс-релизов, 10 поздравлений и 4 информационных письма), в августе 5 (5 пресс-релизов).

На официальном сайте аэропорта Шереметьево за лето (с 2 июня по 30 августа) 2021 года была опубликовано 30 пресс-релизов. Так, в июне было опубликовано 11, в июле 12, в августе 7.

Информационные поводы для аэропортов в летний период можно условно разделить на три тематические группы: взаимодействие с авиакомпаниями (Внуково – 2, МАШ – 5), качество обслуживания аэропорта (Внуково – 7, МАШ – 16), специальные мероприятия (Внуково – 29, многие связаны с юбилеем аэропорта, МАШ – 9).

Таким образом, пресс-службы аэропортов стараются привлечь внимание общественности к своей деятельности, производя различные информационные поводы, по котором пресс-службы пишут PR-тексты, размещая их на сайте организации.

Как видно из проведенного исследования, пресс-службам российских аэропортов в летний период несмотря на трудности, связанные с поиском привлекательных для общественности информационных поводов, удалось это сделать.

Литература:

1. Официальный сайт международного аэропорта Внуково //Режим доступа: https://www.vnukovo.ru (Дата обращения: 19.10.2021).

2. Официальный сайт международного аэропорта Шереметьево //Режим доступа: https://www.svo.aero.ru (Дата обращения: 21.10.2021).

Informational occasion as a way to attract attention to the activities of the organization (using the example of Vnukovo and Sheremetyevo International Airports)

Taranenko A.V.

MAI, Moscow, Russia

The relevance of this topic is determined by the fact that during the summer period it is very difficult for companies to find information occasions that can attract public attention.

The subject of this work is the information events of the Russian airports Vnukovo and Sheremetyevo International Airport (MASH) for the summer of 2021.

The main available source from which you can get information about information events produced by the press services of companies are PR texts published on the official website of organizations.

Thus, 38 PR texts were published on the official website of Vnukovo Airport during the summer (from June 1 to August 26) of 2021: 20 press releases, 7 backgrounders and 11 congratulations. So, in June 10 texts were published (6 press releases, 1 congratulation and 3 informational letters); in July 23 texts (9 press releases, 10 congratulations and 4 backgrounders), in August 5 (5 press releases).

30 press releases were published on the official website of Sheremetyevo Airport during the summer (from June 2 to August 30) of 2021. So, 11 were published in June, 12 in July, 7 in August.

Information reasons for airports in the summer can be divided into three thematic groups: interaction with airlines (Vnukovo – 2, MASH – 5), the quality of airport service (Vnukovo – 7, MASH – 16), special events (Vnukovo – 29, many are associated with the anniversary of the airport, MASH – 9).

Thus, the press services of airports are trying to attract public attention to their activities by producing various information occasions, according to which the press services write PR texts, posting them on the organization's website.

As can be seen from the conducted research, the press services of Russian airports in the summer, despite the difficulties associated with finding information occasions attractive to the public, managed to do this.

Разработка системы управления инновационным развитием высокотехнологичного предприятия

Тарасова Е.В., Горбунов Г.Л.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время одной из приоритетных задач российской экономики является ускорение экономического роста и повышение конкурентоспособности предприятий. Особую роль в этом процессе играют высокотехнологичные предприятия, к которым относятся предприятия авиационной промышленности. Авиационные фирмы действуют в условиях жесткой конкурентной борьбы. Разработка методов, способных обеспечить долгосрочное

конкурентное преимущество, является главным аспектом в управлении предприятием. В этой связи возникает необходимость в разработке системы управления инновационным развитием компании.

Данная система опирается на анализ внутренней и внешней среды фирмы, в процессе которого планируются нововведения, способствующие укреплению рыночных позиций предприятия. Центральным звеном системы управления технологиями является программа инновационного развития. Программа направлена на обеспечение технологического лидерства компании, повышение эффективности организации работ и рациональности использования ресурсов. Особое внимание уделяется продвижению продукции и услуг на отечественном и зарубежных рынках. Управление инновационной деятельностью осуществляется по системе отклонений фактических показателей освоения новых технологий от запланированных.

Реализация инновационной стратегии, отраженной в программе, подразумевает осуществление широкого комплекса мероприятий. Поэтому важным аспектом выполнения программы является разграничение ответственности и координирование деятельности подразделений предприятия.

При формировании программы инновационного развития решаются следующие теоретические и практические задачи:

• Определение целей и задач, для решения которых нужны новые технологии.
• Анализ мировых тенденций развития технологий.
• Установка горизонта планирования.
• Определение методов оценки новизны и перспективности включенных в программу проектов.
• Разработка системы оценок текущей готовности технологии.
• Разработка рубрикатора (иерархического перечня) технологий.
• Оценка эффективности разработанной программы.

Отдельно стоят вопросы финансирования инновационных проектов в условиях ограниченности инвестиционных ресурсов. Первоочередной задачей является создание базы данных технологий, которая может использоваться для трансфера технологий и их коммерциализации.

Решение перечисленных задач и проблем обеспечивает развитие теории стратегического менеджмента и текущего планирования деятельности высокотехнологичного промышленного предприятия.

Литература:

1. Леонтьев С.К., Губинский А.М. Технологическое прогнозирование и планирование: российский и зарубежный опыт, перспективы для отечественного оборонно-промышленного комплекса. Издательство Московского университета, 2014. – 248 с.

2. Спасенных М.Ю. Инновационный бизнес: корпоративное управление НИОКР. Издательство «Дело» АНХ, 2011. – 148с.

Building of a management system for innovative development of a high-tech enterprise

Tarasova E.V., Gorbunov G.L.
MAI, Moscow, Russia

Currently, one of the priorities of the Russian economy is to accelerate economic growth and increase the competitiveness of enterprises. A special role in this process is played by high-tech enterprises, which include enterprises of the aviation industry. Aviation companies operate in a highly competitive environment. The development of methods capable of providing a long-term competitive advantage is the main aspect in enterprise management. In this regard, there is a need to develop a management system for the innovative development of the company.

This system is based on an analysis of the internal and external environment of the company, during which innovations are planned that contribute to strengthening the company's market positions. The central link of the management system is the innovative development program. The program is aimed at ensuring the technological leadership of the company, improving the efficiency of the organization

of work and the rational use of resources. Special attention is paid to the promotion of products and services in the domestic and foreign markets. Innovation management is carried out according to the system of deviations of the actual indicators of the development of new technologies from the planned ones.

The innovation development management system is closely related to other enterprise management systems, namely, marketing, staffing, information support and financial management systems.

The implementation of the innovation strategy reflected in the program implies the implementation of a wide range of activities. Therefore, an important aspect of the implementation of the program is the delineation of responsibility and coordination of the activities of the company's divisions.

When forming the investment development program, the following theoretical and practical tasks are solved:

- Identification of goals and objectives for which new technologies are needed.
- Analysis of global trends in technology development.
- Setting the planning horizon.
- Determination of methods for assessing the novelty and prospects of the projects included in the program.
- Development of a system for assessing the current availability of technology.
- Development of a rubricator (hierarchical list) of technologies.
- Evaluation of the effectiveness of the developed program.

Separately, there are issues of financing innovative projects in conditions of limited investment resources. The first priority is to create a database of technologies.

The solution of the listed tasks and problems ensures the development of the theory of strategic management and the current planning of the activities of an industrial enterprise.

References:

1. Leontiev S.K., Gubinsky A.M. Technological forecasting and planning: Russian and foreign experience, prospects for the domestic military-industrial complex. Moscow University Press, 2014. - 248 p.

2. Spasennykh M.Yu. Innovative business: corporate management of R&D. Publishing house "Delo" ANKH, 2011– 148 p.

Особенности аналитического анализа текстов по авиаракетостроению

Татевосян М.А.

МАИ, г. Москва, Россия

Работа описывает особенности аналитического анализа английских текстов по авиаракетостроению. Аналитический анализ английского текста любого направления включает три этапа, первым этапом принято считать переводческий анализ, вторым выделяют сам процесс перевода и третьим этапом стал этап редактирования, при этом главное внимание уделяется двум последним этапам. Но когда речь идет о текстах технической направленности, таких как авиаракетостроение, особую значимость приобретает первый. Аналитический анализ английского текста в таком случае становится не только необходим для реализации качественного перевода, но и становится определенной техникой в понимании смысла переводимого текста.

Сбор общих данных позволяет выбрать необходимую тактику при переводе. Так при работе с устаревшими текстами необходима архаизация перевода, а работая со студентами, недопустимы сложные синтаксические конструкции или другие элементы, усложняющие его восприятие и понимание. Задача аналитического анализа текста заключается в обеспечении восприятия переводимого текста единым целым, далее разделив на составляющие, увидеть типологические признаки текста, оценить какие сложности в нем содержатся, что в нем релевантно, а важно для дальнейшего перевода, и что можно опустить, какая должна быть выбрана стратегия.

Важной особенностью текстов по авиаракетостроению с точки зрения аналитического анализа является исключительно когнитивный состав информации и ее высочайшая плотность. Когнитивная информация предоставляет объективную информацию об

окружающем мире, от данных об объекте до взаимодействующих структур, что приводит к использованию терминов, статистических данных, формул, графиков, и сокращений, являющихся средствами повышения плотности информации. Повышение плотности информации так же, свойственно исключительно когнитивному виду.

Значимость аналитического анализа при работе с текстами по авиаракетостроению трудно переоценить, поскольку он не только является условием понимания текста, но именно на этом этапе определяются те черты оригинала, которые должны будут войти в инвариант при переводе.

The features of the analytical analysis of texts on aircraft construction

Tatevosian M.A.
MAI, Moscow, Russia

The work describes the features of the analytical analysis of English texts on aircraft construction. Analytical analysis of the English text of any direction includes three stages, the first stage is considered to be translation analysis, the second is the translation process itself, and the third stage was the editing stage, with the main attention being paid to the last two stages. But when it comes to technical texts, such as aircraft construction, the first one is of particular importance. Analytical analysis of the English text in this case becomes not only necessary for the implementation of high-quality translation, but also becomes a certain technique in understanding the meaning of the translated text.

Collecting general data allows you to choose the necessary tactics when translating. Thus, when working with outdated texts, archaization of translation is necessary, and when working with students, complex syntactic constructions or other elements that complicate its perception and understanding are unacceptable. The task of the analytical analysis of the text is to ensure the perception of the translated text as a whole, further dividing it into components, to see the typological features of the text, to assess what difficulties it contains, what is relevant and important for further translation, and what can be omitted, what strategy should be chosen.

An important feature of texts on aircraft engineering from the point of view of analytical analysis is the exclusively cognitive composition of information and its highest density. Cognitive information provides objective information about the world around us, from object data to interacting structures, which leads to the use of terms, statistical data, formulas, graphs, and abbreviations, which are means of increasing information density. An increase in the density of information is also peculiar exclusively to the cognitive species.

It is difficult to overestimate the importance of analytical analysis when working with texts on aircraft construction, since it is not only a condition for understanding the text, but it is at this stage that those features of the original that will have to be included in the invariant during translation are determined.

Транзакционно-ориентированная модель договорных отношений, как способ улучшения системы послепродажного обслуживания

Терехина Ю.А.
МАИ, г. Москва, Россия

Послепродажное обслуживание играет огромную роль в обеспечении конкурентоспособности авиационной техники. Затраты на данном этапе жизненного цикла довольно велики, поэтому возникает потребность в том, чтобы сократить затраты и при этом не снизить качество обслуживания. Во многом образование увеличенных затрат может быть обусловлено недостаточной проработкой на этапе проектирования. Именно на данном этапе необходимо наиболее полно определить каким образом будет реализована эксплуатационная поддержка.

Авиакомпании в настоящий момент сталкиваются с проблемой неполного перехода с устаревших подходов в обслуживании на более новые. Подобное положение создается из-за того, что оплата производится в соответствии с объемом выполненных работ, по

транзакционной модели договорных отношений. Соответственно скорость выполнения не является в данном случае мотивацией.

Для оптимизации системы послепродажного обслуживания необходимо заложить наперед эксплуатационную поддержку при проектировании воздушного судна и использовать транзакционно-ориентированную модель договорных отношений, направленную на достижение показателей конечного результата, а не количество транзакций.

Преимущество подобной системы заключается в том, что происходит увеличение производительности и снижение суммарных затрат за счет равномерного распределения загрузки производственных мощностей и специалистов, снижение времени простоя авиационной техники, а также равномерного распределения нагрузки во времени за счет долгосрочного характера контрактов. Таким образом можно повысить качество послепродажного обслуживания авиационной техники и обеспечить высокий уровень конкурентоспособности на мировом рынке.

Transaction-oriented model of contractual relations as a way to improve the after-sales service system

Terekhina Y.A.
MAI, Moscow, Russia

After-sales service plays a huge role in ensuring the competitiveness of aviation equipment. The costs at this stage of the life cycle are quite high, so there is a need to reduce costs and at the same time not reduce the quality of service. In many ways, the formation of increased costs may be due to insufficient elaboration at the design stage. It is at this stage that it is necessary to determine most fully how operational support will be implemented.

Airlines are currently facing the problem of incomplete transition from outdated service approaches to newer ones. Such a situation is created due to the fact that payment is made in accordance with the volume of work performed, according to the transactional model of contractual relations. Accordingly, the speed of execution is not a motivation in this case.

To optimize the after-sales service system, it is necessary to lay operational support in advance when designing an aircraft and use a transaction-oriented model of contractual relations aimed at achieving the indicators of the final result, rather than the number of transactions.

The advantage of such a system is that there is an increase in productivity and a reduction in total costs due to an even distribution of the workload of production facilities and specialists, a reduction in the downtime of aircraft equipment, as well as an even distribution of the load over time due to the long-term nature of contracts. Thus, it is possible to improve the quality of after-sales service of aviation equipment and ensure a high level of competitiveness in the world market.

Эффективное применение чат-ботов в HR-процессах

Тихонов А.И., Гладкая К.В.
МАИ, г. Москва, Россия

HR-сектор проделал огромный путь в области автоматизации, что серьезно облегчило задачи управления персоналом, ускорило рабочие процессы и увеличило производительность труда. На сегодняшний день наиболее востребованным продуктом на базе искусственного интеллекта является чат-бот. Исследование показывает: люди стали более открыты к инновационным решениям, и чат-боты уже преодолели порог отчуждения, при этом удовлетворенность этим каналом еще низкая [1]. Причиной тому являются некоторые сложности при работе с ним, а именно его настройка. Важно понимать, что для создания и качественного функционирования чат-ботов требуется значительное человеческое вмешательство. Несомненно, эта процедура требует от разработчика и специалиста по персоналу определенных навыков. Для начала необходимо продумать процесс общения чат-бота с человеком. Алгоритм должен быть выполнен так, чтобы бот вовлекал человека, а не отталкивал, не заставлял его совершать ненужные действия [2]. HR-менеджеру следует проработать содержание, учитывая категорию пользователя, с которым общается чат-бот. Так, боты могут предоставлять персонализированный контент в зависимости от первичного опроса

пользователя. Результатом будет увеличенная конверсия и вовлеченность сотрудников. Еще одной важная задача HR-менеджера при создании чат-бота – это разработка диалогов. Они должны быть проработаны с максимальным количеством возможных вариантов ответов, с целью избегания «тупиковых» ситуаций и недопонимания со стороны пользователя. При этом следует использовать разговорный стиль общения, чтобы пользователь не чувствовал барьер в общении и не заметил, что общается с программой, а не с человеком. Чат-бот должен решать конкретную задачу, и эта задача должна количественно отслеживаться. Многие компании не уделяют внимания аналитике чат-бота, зачастую это главная ошибка при его использовании. Поэтому HR-специалисту необходимо тестировать бота на пользователях и собирать информацию с момента запуска проекта. К показателям эффективности чат-бота относят:

• Данные о выполнении бизнес-задач (сколько временных и денежных затрат было сэкономлено после автоматизации HR-процесса).

• Метрики, отражающие востребованность чат-бота (количество вовлеченных пользователей, хотя бы раз вступивших в контакт с ботом, количество активных пользователей, написавших боту самостоятельно, процент повторных пользователей и количество прочитанных сообщений).

• Метрики, помогающие понять, насколько эффективным сами диалоги (средняя продолжительность сессии, процент ошибок, непонимания в диалогах) [3].

Литература:

1. Как выбрать канал поиска работы и не ошибиться. www.hrtime.ru/material/kak-vybrat-kanal-poiska-raboty-i-ne-oshibitsia-46512/.

2. Ионина, О.В., (2020). Применение чат-ботов в подборе и отборе персонала: опыт и перспективы. Бизнес и общество, 1(25). www.businessociety.ru/publ/2020_god/1_25/primenenie_chat_botov_v_podbore_i_otbore_personala_opyt_i_perspektivy/40-1-0-446.

3. KPI для робота. Как измерить эффективность чат-ботов. www.sostav.ru/publication/kpi-dlya-robota-kak-izmerit-effektivnost-chat-botov-31678.html.

Effective use of chat-bots in HR-processes

Tikhonov A.I., Gladkaya K.V.
MAI, Moscow, Russia

The HR sector has come a long way in the field of automation, which has greatly eased HR tasks, accelerated work processes and increased productivity. Today, the most demanded product based on artificial intelligence is a chatbot. The study shows that people have become more open to innovative solutions, and chatbots have already crossed the threshold of alienation, while satisfaction with this channel is still low [1]. The reason for this is some difficulties when working with it, namely its setting. It is important to understand that significant human intervention is required to create and operate chatbots. Undoubtedly, this procedure requires certain skills from the developer and the personnel specialist. First, you need to think over the process of chatbot communication with a person. The algorithm should be performed in such a way that the bot involves a person, and does not push him away, does not force him to perform unnecessary actions [2]. The HR manager should work out the content, taking into account the category of the user with whom the chatbot communicates. So, bots can provide personalized content depending on the initial survey of the user. The result will be increased conversion and employee engagement. Another important task for an HR manager when creating a chatbot is the development of dialogues. They should be worked out with the maximum number of possible answers, in order to avoid deadlocks and misunderstandings on the part of the user. At the same time, a conversational style of communication should be used so that the user does not feel a barrier in communication and does not notice that he is communicating with the program, and not with a person. A chatbot must solve a specific task, and this task must be quantitatively tracked. Many companies do not pay attention to chatbot analytics, which is often the main mistake when using it. Therefore, an HR specialist needs to test the bot on users and collect information from the moment the project is launched. Chatbot performance indicators include:

• Data on the implementation of business tasks (how much time and money was saved after automating the HR process).

• Metrics reflecting the demand for the chatbot (the number of involved users who have contacted the bot at least once, the number of active users who wrote to the bot on their own, the percentage of repeat users and the number of messages read).

• Metrics that help to understand how effective the dialogues themselves are (average session duration, percentage of errors, misunderstandings in dialogues) [3].

References:

1. How to choose a job search channel and not be mistaken. www.hrtime.ru/material/kak-vybrat-kanal-poiska-raboty-i-ne-oshibitsia-46512/.

2. Ionina, O.V., (2020). The use of chat bots in the selection and selection of personnel: experience and prospects. Business and Society, 1 (25). www.busines society.ru/publ/2020_god/1_25/primenenie_chat_botov_v_podbore_i_otbore_personala_opyt_i_perspektivy/40-1-0-446.

3. KPI for the robot. How to measure the effectiveness of chatbots. www.sostav.ru/publication/kpi-dlya-robota-kak-izmerit-effektivnost-chat-botov-31678.html.

Управление конкурентноспособностью предприятий в авиационной промышленности

Тихонов Г.В., Новиков С.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В настоящее время, в связи с процессами модернизации в сфере экономики и изменения рыночных условий, есть потребность в усовершенствовании подходов и методов управления производством в стране. Экономика страны находится в данном состоянии в основном в связи с устаревшими механизмами управления промышленными предприятиями, в то время как требуется модернизация рынка и механизмов управления предприятиями, ориентация на проверенные экономически развитыми государствами рыночные механизмы управления, что развивает способность предприятий подстраиваться под рыночные условия [1].

Модернизации процесса управления конкурентоспособностью предприятий способствует система маркетинга, которая устанавливает какое влияние имеет рыночное окружение на результативность деятельности предприятия в рыночных условиях [2]. Проанализировав ситуацию на базе сопоставления конкурирующих сторон рыночных отношений можно выявить пути эффективного, финансово выгодного вливания в рыночные условия. А сохранению устойчивого положения в нестабильных рыночных условиях и условиях негативного влияния конкуренции способствует комплекс мер, которые предполагают анализ деятельности предприятия, устранение погрешностей и четкое понимание своего положения в рыночной среде и т. п.

На сегодня актуальность имеют маркетинговые механизмы управления, направленные на определение воздействия на функционирование предприятий тех обстоятельств системы рынка, которые не поддаются прогнозированию. Такие механизмы позволяют предприятиям приобрести в конкурирующих условиях рынка устойчивое положение. Предприятие стремится, как уже отмечалось, проанализировать и установить свое положение в нестабильных условиях рынка; предугадать влияние различных факторов системы рынка и возможные пути реагирования на них; выявить существующие погрешности своей деятельности и имеющиеся достоинства по отношению к конкурирующим предприятиям; выявить свою способность к конкурированию и определить пути или принять меры по развитию этой способности; предугадать возможные векторы развития системы рынка и выработать стратегии выгодного поведения в данных направлениях с учетом условий конкурирования. В целях достижения всего указанного предприятие и проводит наблюдение и диагностику степени воздействия на функционирование предприятия нестабильных внешних условий, деятельности конкурирующих предприятий [3].

Таким образом, эффективное функционирование предприятия определяется проведением диагностики конкурентоспособности и разработкой механизмов управления ею, что способствует формированию у предприятия навыков эффективного реагирования на

меняющиеся условия рыночных отношений, совершенствованию положительных особенностей осуществляемой деятельности, выявлению и устранению имеющихся погрешностей, совершенствованию результатов и приобретению устойчивого положения в сфере рынка.

1. Чиркова Т.В. Деловой климат в России – проблемы и пути решения. Модернизация российской экономики. Прогнозы и реальность. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2015., С.208-2013.

2. Майкл Портер. Конкуренция.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. — 608 с.

3. Рамазанов Г.Т. Институциональные "ловушки" в Российской экономике как ограничитель инвестиционного спроса инновационного типа // Экономика и право -2018. - №1 – 50с.

Managing the competitiveness of enterprises in the aviation industry

Tikhonov G.V., Novikov S.V.

MAI, Moscow, Russia

Currently, due to the processes of modernization in the economy and changes in market conditions, there is a need to improve approaches and methods of production management in the country. The country's economy is in this state mainly due to outdated management mechanisms of industrial enterprises, while modernization of the market and enterprise man-agement mechanisms is required, orientation to market management mechanisms proven by economically developed states, which develops the ability of enterprises to adapt to market conditions [1].

Modernization of the process of managing the competitiveness of enterprises is facilitated by the marketing system, which determines the impact of the market environment on the effectiveness of the enterprise in market conditions [2]. Ana-lyzing the situation on the basis of comparing the competing sides of market relations, it is possible to identify ways of effec-tive, financially profitable infusion into market conditions. And the preservation of a stable position in unstable market conditions and conditions of the negative impact of competition is facilitated by a set of measures that involve the analysis of the company's activities, the elimination of errors and a clear understanding of its position in the market environment, etc.

Today, marketing management mechanisms are relevant, aimed at determining the impact on the functioning of enterprises of those circumstances of the market system that cannot be predicted. Such mechanisms allow enterprises to ac-quire a stable position in competitive market conditions. The company strives, as already noted, to analyze and establish its position in unstable market conditions; to anticipate the impact of various factors of the market system and possible ways to respond to them; to identify the existing errors of their activities and the existing advantages in relation to competing enter-prises; to identify their ability to compete and identify ways or take measures to develop this ability; to anticipate possible vectors of development of the market system and develop strategies for profitable behavior in these areas, taking into ac-count the conditions of competition. In order to achieve all of this, the enterprise also monitors and diagnoses the degree of impact on the functioning of the enterprise of unstable external conditions, the activities of competing enterprises [3].

Thus, the effective functioning of the enterprise is determined by the diagnostics of competitiveness and the devel-opment of its management mechanisms, which contributes to the formation of the company's skills to respond effectively to changing market conditions, improve the positive features of the activities carried out, identify and eliminate existing errors, improve results and acquire a stable position in the market.

1. Chirkova T.V. Business climate in Russia - problems and solutions. Modernization of the Russian economy. Forecasts and reality. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. 2015., pp.208-2013.

2. Michael Porter. Competition.: Translated from English. - M.: Publishing house "Williams", 2005. - 608 p.

3. Ramazanov G.T. Institutional "traps" in the Russian economy as a limiter of investment demand of innovative type // Economics and Law -2018. - No.1 - 50s.

Московский авиационный институт в системе формирования новой российской элиты

Токарева Е.М., Яримака В.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Развитие нашей страны сегодня переживает сложный и, порой, драматичный период, преодолевая новые вызовы геополитического пространства и влияние комплекса внутрисоциальных факторов. Весь пройденный страной исторический путь свидетельствует, что подлинно неисчерпаемым ресурсом социального процветания выступает личность гражданина страны, активного субъекта социальных преобразований, способный к производству инновационного социально значимого продукта. В этой связи, вопрос о значении образования в системе формирования и комплексного развития нового социального типа личности, стоит с особой остротой перед российским обществом, государством, институтом высшего профессионального образования. Контуры проекта изменений системы российского образования с актуализацией социогуманитарной составляющей были отмечены президентом России В.В. Путиным в ряде его недавних выступлений. В МАИ, кроме успешной реализации широкого комплекса образовательных программ Высшего профессионального образования, осуществляется огромный спектр культурных, гуманитарных, технологических, спортивных, волонтерских и других программ внеучебной работы со студентами. Целью этой масштабной работы, формализованной в программах социальной ответственности МАИ, является формирование новой российской элиты, носителя высоких профессиональных компетенций и культурных, гуманитарных смыслов гармоничной и счастливой социальной жизни. Ректор Московского авиационного института Михаил Погосян, говоря об особенностях программ развития вуза МАИ-30, отмечает: «Обеспечение технологического лидерства Российской Федерации невозможно без подготовки команд и лидеров изменений. С этой целью в программу развития МАИ заложена трансформация инженерного образования, направленная на подготовку нового поколения специалистов, умеющих работать в междисциплинарных командах и отвечать на вызовы, которые ставит перед ними индустрия». Таким образом, молодой человек, вступив в славные ряды студенчества МАИ, получает дополнительный безграничный ресурс компетентностного и личностного роста, восполняя ряды новой Российской элиты–главного субъекта современных российских трансформаций.

Moscow Aviation Institute and its role in formation of anew Russian elite

Tokareva E.M., Yarimaka V.V.
MAI, Moscow, Russia

The development of our country today is going through a difficult and sometimes dramatic period, overcoming new challenges of the geopolitical space and the influence of a great number of internal social factors. The entire historical developmentof our country testifies that a truly inexhaustible resource of social prosperity is the personality traits of a citizen, an active doer of social transformations, capable of producing an innovative socially significant product.

In this regard, the question of the importance of education in the system of formation and development of a new type of personality is particularly acute for Russian society, the state, and the institution of higher professional education. The outlines of the project of changes in the Russian education system with the actualization of the socio-humanitarian component have been noted by Russian President Vladimir Putin in a number of his recent speeches.

In addition to the successful implementation of a wide range of educational programs of higher professional education, the MAI is successfully carrying out various cultural, humanitarian, technological, sports, volunteer and other programs of extracurricular work with students The purpose of this large-scale work, formalized in social responsibility programs, is to form a new Russian elite, a carrier of high professional competences,cultural and humanitarianknowledge needed for a harmonious and happy social life.

Mikhail Pogosyan, Rector of Moscow Aviation Institute, speaking about the specifics of development programs MAI-30, has noted: “Ensuring technological leadership is impossible without training teams and leaders of change.”

For that, thetransformationof engineering education was included in the development programs of MAI, aimed at training new generation of specialists who are able to work in interdisciplinary teams and respond to the challenges that the industry poses to us.

Thus, a young man, having joined theranks of students, receives an additional unlimited resource of competence and personal growth, increasing the ranks of the new Russian elite – the main subject of modern Russian transformations.

Влияние ESG принципов на систему управления персоналом

Уваров Р.А., Сульдина Г.А.
МГУУ Правительства Москвы, г. Москва, Россия

Использование ESG-принципов с каждым годом становится все более важным и необходимым в деятельности каждой компании. Сформированные в 1990-е годы бывшим генеральным секретарем ООН Кофи Аннаном принципы развиваются и в настоящее время. Сама аббревиатура ESG, расшифровывается как «экология, социальная политика и корпоративное управление» [2]. В глобальном понимании это устойчивое развитие коммерческой деятельности. Основными принципами являются [2]: ответственное отношение к окружающей среде; высокая социальная ответственность; высокое качество корпоративного управления.

Наибольшее распространение в России данные принципы, получили среди крупных компаний, причем всех секторов. Российская авиакосмическая отрасль является уникальной в данном случае, в ней при полной инклюзивности принципов в систему управления персоналом можно получить максимальный результат, так как участниками процессов является большое количество компаний не только по всей стране, но и в мире.

Внедрение и постоянная работа компании с ESG принципами оказывает сильное влияние на систему управления персоналом заставляя постоянно внедрять изменения в действующую корпоративную культуру организации, так как меняются внутренние ценности компании и необходимо чтобы сотрудники не просто принимали их, а становились лидерами в данных изменениях, чтобы именно от сотрудников исходили предложения по внедрению принципов в работу компании. Это в свою очередь, ставит новые задачи рекрутерам, HR-специалистам и руководителям подразделений, но могут возникать дополнительные трудности по реализации данного направления в узкоспециализированных отраслях, таких как авиакосмическая.

Работа с ESG длительная перспектива, а значит компании нужны людям, которые могут выстраивать долгосрочные прогнозы учитывая различные обстоятельства. Данная задача, в некоторых компаниях, решается включением в штатное расписание вакансии футуролога.

Особое значение имеет непрерывное обучение действующих сотрудников с постоянным анализом существующих и недостающих компетенций, так как их недостаточность может привести к фатальным последствиям для компании. Только анализ и обучение позволят компаниям становиться лидерами в своих отраслях, так как использование принципов ESG компаниями оказывает существенное влияние на их привлекательность для инвесторов [1].

Также остро встает вопрос перед системой управления персоналом в удовлетворении ожиданий новых сотрудников, так как по данным опроса, проведенного БФ «Система» в мае 2021 года среди студентов 16-23 лет, одним из решающих факторов, после размера заработной платы, при выборе работодателя является социальная ответственность компании (37,5% респондентов) [3], то есть ее включенность в ESG принципы.

Можно сделать вывод, что следование ESG принципам и верно выстроенная система управления персоналом позволяет компании достигать поставленных целей и следовать важным правилам, оказывающим влияние на мир, особенно в таких крупных как авиакосмическая.

Литература:

1. Д. Масленко Обязательства в отношении ESG не могут быть одноразовыми или односторонними // РБК. - 2021. - №10. - С. 16-23.

2. ESG-принципы: что это такое и зачем компаниям их соблюдать // РБК Тренды URL: https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435.

3. Новые навыки на кадровом рынке: как ESG-ценности влияют на подход к найму // Ведомости URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2021/06/18/novie-naviki-na-kadrovom-rinke-kak-esg-tsennosti-vliyayut-na-podhod-k-naimu.

The influence of ESG principles on the personnel management system

Uvarov R.A., Suldina G.A.
MMGU, Moscow, Russia

The use of ESG principles is becoming more and more important and necessary in the activities of every company every year. The principles formed in the 1990s by former UN Secretary-General Kofi Annan are still being developed. The abbreviation ESG itself stands for "ecology, social policy and corporate governance" [2]. In the global sense, this is the sustainable development of commercial activity. The basic principles are [2]:

- Responsible attitude to the environment.
- High social responsibility.
- High quality of corporate governance.

These principles are most widespread in Russia among large companies, and in all sectors. The Russian aerospace industry is unique in this case, in it, with the full inclusiveness of the principles in the personnel management system, you can get the maximum result, since a large number of companies are involved in the processes not only throughout the country, but also in the world.

The implementation and constant work of the company with ESG principles has a strong impact on the personnel management system, forcing it to constantly implement changes in the current corporate culture of the organization, as the internal values of the company change and it is necessary that employees not just accept them, but become leaders in these changes, so that it is from employees that proposals for the implementation of principles in the work of the company come. This, in turn, poses new challenges to recruiters, HR specialists and heads of departments, but additional difficulties may arise in implementing this direction in highly specialized industries, such as aerospace.

Working with ESG is a long-term prospect, which means companies need people who can build long-term forecasts taking into account various circumstances. This task, in some companies, is solved by including a futurologist vacancy in the staffing table.

Continuous training of existing employees with constant analysis of existing and missing competencies is of particular importance, since their insufficiency can lead to fatal consequences for the company. Only analysis and training will allow companies to become leaders in their industries, since the use of ESG principles by companies has a significant impact on their attractiveness to investors [1].

There is also an acute question before the personnel management system in meeting the expectations of new employees, since according to a survey conducted by the BF Sistema in May 2021 among students aged 16-23, one of the decisive factors, after the salary amount, when choosing an employer is the social responsibility of the company (37.5% of respondents) [3], that is, its inclusion in ESG principles.

It can be concluded that following ESG principles and a well-built personnel management system allows the company to achieve its goals and follow the necessary, important rules that affect the world, especially in such large ones as aerospace.

References:

1. D. Maslenko Obligations with respect to ESG cannot be one-time or one-sided // RBC. - 2021. - No. 10. - pp. 16-23.

2. ESG principles: what are they and why do companies comply with them // RBC Trends URL: https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435.

3. New skills in the HR market: how ESG values influence the approach to hiring // Vedomosti URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2021/06/18/novie-naviki-na-kadrovom-rinke-kak-esg-tsennosti-vliyayut-na-podhod-k-naimu.

Развитие образовательных программ аэрокосмических вузов в соответствии с задачами национальной системы квалификаций

[1]Федотова М.А., [2]Тарасова В.Н.

[1]МАИ, [2]РУТ МИИТ, г. Москва, Россия

В период с 2014 года и по настоящее время наблюдается новый этап развития Национальной системы квалификаций и усиление взаимосвязи ее отдельных элементов. Этот процесс предполагает новые подходы к разработке образовательных программ. Авторами рассматриваются задачи формирования образовательных программ вузов и вопросы, требующие решения путем согласования с различными институтами системы квалификаций.

Требования согласованности проявляются и в структуре формируемых образовательных программ, например, если образовательная программа имеет специфический профиль подготовки или отраслевую принадлежность, то профессиональная часть должна быть разработана с учетом отраслевой принадлежности области деятельности и соответствующих профессиональных стандартов (отдельных трудовых функций).

Формирование программ высшего образования в рамках направлений развития Национальной системы квалификаций должно учитывать:

1. Соотношения формирования универсальных и профессиональных компетенций. В мире с современными возможностями цифровизации, необходимо понимание и прогноз необходимости формирования «мягких» и «инфраструктурных» управленческих навыков, связанных с перестройкой и гибким управлением различными системами, что весьма актуально и для аэрокосмической отрасли, рассматриваемой в работе.

2. Взаимодействие вузов с работодателями. Практика работы корпоративных структур показывает, что поиск «талантов» перемещается к началу образовательной цепочки (дошкольное и школьное обучение) и необходимо выстраивать образовательные программы в вузах с учетом этого. Обучение по отдельным модулям невозможно без приглашения преподавателя-практика из конкретной компании.

3. Формирование частных уникальных программ. Уникальность, с одной стороны, проявляется в реализации единоразовых программ обучения под запрос работодателя-заказчика, возможностях быстрого внесения изменений в действующую программу, а, с другой, в необходимости учета индивидуальных особенностей аудитории. Подобные вопросы пока слабо регламентируются действующими стандартами.

Development of educational programs of aerospace universities in accordance with the objectives of the national qualifications system

[1]Fedotova M.A., [2]Tarasova V.N.

[1]MAI, [2]Russian University of Transport, Moscow, Russia

In the period from 2014 to the present, there has been a new stage in the development of the National Qualifications System and the strengthening of the interconnection of its individual elements. This process involves new approaches to the development of educational programs. The authors consider the tasks of forming educational programs of universities and issues that need to be solved by coordinating with various institutes of the qualifications system.

The requirements of consistency are also manifested in the structure of the educational programs being formed, for example, if the educational program has a specific training profile or industry affiliation, then the professional part should be developed taking into account the industry affiliation of the field of activity and the corresponding professional standards (individual labor functions).

The formation of higher education programs within the framework of the directions of development of the National Qualifications System should take into account:

1. The relationship between the formation of universal and professional competencies. In a world with modern opportunities for digitalization, it is necessary to understand and forecast the need for the formation of "soft" and "infrastructure" management skills related to the restructuring and flexible management of various systems, which is very relevant for the aerospace industry considered in the work.

2. Interaction of universities with employers. The practice of corporate structures shows that the search for "talents" is moving to the beginning of the educational chain (preschool and school education) and it is necessary to build educational programs in universities with this in mind. Training in individual modules is impossible without the invitation of a teacher-practitioner from a specific company.

3. Formation of private unique programs. Uniqueness, on the one hand, is manifested in the implementation of one-time training programs at the request of the employer-customer, the possibility of quickly making changes to the current program, and, on the other, in the need to take into account the individual characteristics of the audience. Such issues are still poorly regulated by the current standards.

Документационное обеспечение управления персоналом в условиях дистанционной занятости

[1]Федулов В.И., [1]Михайлов А.А., [2]Чекан А.А.
[1]МАИ, [2]МГОУ, г. Москва, Россия

Широкое распространение дистанционного режима работы, вызванное пандемией COVID-19, привело к бурному росту автоматизации HR-процессов, в т.ч. и документационного обеспечения управления персоналом. До марта 2020 г. электронный кадровый документооборот (КЭДО) воспринимался, прежде всего, как способ оптимизации времени сотрудников и кадровой службы на определенные процессы [1]. В условиях пандемии - электронный документооборот является обязательным условием выживания любой организации, в т.ч. и предприятий аэрокосмического комплекса.

КЭДО имеет ряд преимуществ, в первую очередь, связанных с отсутствием некоторых финансовых, временных и пространственных издержек. Процедура внедрения КЭДО предполагает: анализ имеющихся в компании кадровых документов и связанных с ними процедур на предмет перевода в электронный формат и автоматизации; разработку соответствующих процедур и регламента внедрения КЭДО [2].

Согласно исследованиям Deloitte [3], проведенных в 2020 г.: 44% компаний уже используют КЭДО в своих бизнес-процессах, для 14% компаний кадровый документооборот — первый процесс, переведенный в электронный формат, 25% компаний уже используют облачную подпись, 25% компаний планируют начать использовать облачную подпись в ближайшем будущем, 50% компаний отказались от дублирования электронных документов на бумаге полностью или частично. Кроме того, среди компаний, использующих КЭДО 24% имеют опыт использования кадровых электронных документов в ходе аудиторских и налоговых проверок, а также судебных разбирательств; в 67% случаев суды и контролирующие органы принимают электронные кадровые документы в качестве доказательства. Среди наиболее приоритетных кадровых процессов для перевода в электронный документооборот были выявлены: информирование о составных частях заработной платы, предоставление ежегодного отпуска, направление в командировку.

Литература:

1. Михайлов А.А., Федулов В.И. Подходы к управлению персоналом в условиях удаленной занятости // Естественно-гуманитарные исследования. – 2020. – №29(3). С. 222-226.

2. Управление персоналом на предприятиях авиационной промышленности: монография / А.И. Тихонов, А.А. Михайлов, М.А. Федотова. — Москва: Знание-М, 2021. — 179 с.

3. Уровень кадрового электронного документооборота — 2020: перспективы развития [Электронный ресурс]. URL: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/tax/articles/2021/hr-edf-survey-2020.html (дата обращения: 13.10.2021).

Documentation support of personnel management in remote employment conditions

[1]Fedulov V.I., [1]Mikhailov A.A., [2]Chekan A.A.
[1]MAI, [2]MRSU, Moscow, Russia

The widespread of remote employment caused by the COVID-19 pandemic has led to a rapid increase in the automation of HR processes, including the documentation of personnel management.

Until March 2020, electronic document flow (EDF) was perceived, first of all, as a way to optimize the time of employees and personnel service for certain processes [1]. In a pandemic, electronic document management is a prerequisite for the survival of any organization, including enterprises of the aerospace complex.

KEDO has a number of advantages, primarily related to the absence of some financial, time and space costs. The procedure for the implementation of KEDO involves: analysis of existing personnel documents in the company and related procedures for translation into electronic format and automation; development of appropriate procedures and regulations for the implementation of KEDO [2].

According to Deloitte [3] research conducted in 2020: 44% companies already use EDF in their business processes, for 14% companies, personnel document management is the first process translated into electronic format, 25% companies already use a cloud signature, 25% companies plan to start using a cloud signature in the near future, 50% companies have refused to duplicate electronic documents on paper in whole or in part. In addition, among companies using EDF, 24% have experience in using personnel electronic documents in audit and tax audits, as well as in court proceedings; in 67 percent of cases, courts and regulatory authorities accept electronic personnel documents as evidence. Among the most priority personnel processes for translation into electronic document management were identified: informing about the components of wages, providing annual leave, sending on a business trip.

References:

1. Mikhailov A.A., Fedulov V.I. Approaches to personnel management in remote employment//Natural-humanitarian research. – 2020. – №29(3). C. 222-226.

2. Personnel management at aviation enterprises: monograph/A.I. Tikhonov, A.A. Mikhailov, M.A. Fedotova. - Moscow: Knowledge-M, 2021. — 179 pages.

3. The level of personnel electronic document management - 2020: development prospects [Electronic resource]. URL: https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/tax/articles/2021/hr-edf-survey-2020.html (contact date: 13.10.2021).

Современные технологии удержания сотрудников в организации

Фивейский В.Ю.

МГУУ Правительства Москвы, г. Москва, Россия

Применение техник удержания к сотруднику – важнейший признак того, что работник – состоявшийся профессионал и нужен организации. Удержание наиболее ценных сотрудников позволяет организации наращивать человеческий капитал и приобретать весомое конкурентное преимущество.

Наличие программ удержания работников также снижает издержки на привлечение и развитие. Если инвестиции в сотрудника не окупаются, можно говорить о снижении эффективности системы управления персоналом в целом. В современной теории и практике развития персонала модели карьерного построения, безусловно, не подразумевают пожизненный наем. Но у системы, которая делает существенный вклад в развитие в своего сотрудника, нет интереса в его уходе, поэтому удержание – это отдельная технология, повышающая эффективность использования человеческих ресурсов. Использование методов кадровой аналитики, в том числе, анализ больших данных позволяет ответить на вопросы: какие люди чаще уходят, после какого срока работы в организации или ее подразделении повышается текучесть, какие факторы влияют на уход молодых специалистов и т.д. Наиболее частое предположение о причине ухода, которое встречается у руководства: стремление к большей заработной плате. Однако заработок не единственный фактор, который влияет на решение сотрудника. На основании статистики возможно спрогнозировать, в каких категориях персонала в каких ситуациях и после какого времени работы, повысится вероятность ухода сотрудников, а также выстроить эффективную систему удержания, включающую в себя

- Механизмы выбора и подготовки резерва / преемников на ключевые позиции.
- Продвижение лучших сотрудников, в том числе в других подразделениях.

• Технологии адаптации и наставничества.
• Работу с целевыми группами (молодежь и 45+).
• Создание функционального рабочего пространства, эффективного для взаимодействия и комфортного для сотрудника.
• Регулярные опросы сотрудников с информированием руководителей о результатах.
• Развитие внутреннего бренда работодателя и культуры вовлеченности.

Литература:
1. Власова К. А. Кадровые сервисы Правительства Москвы: создаем эффективные команды будущего // Вестник Университета Правительства Москвы. 2020. № 3. С. 10–17.
2. Райхельд Ф., Марки Р. Искренняя лояльность. Ключ к завоеванию клиентов на всю жизнь. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 352 с.
3. Романова Е. М., Карымова А. Р., Масычев П. В. Вовлеченность сотрудников: опыт Правительства Москвы // Вестник Университета Правительства Москвы. 2021. № 3. С. 44–51.

Modern technologies of employee retention in the organization

Fiveyskiy V.Y.
MMGU, Moscow, Russia

Applying retention techniques to an employee is the most important sign that the employee is an accomplished professional and the organization needs it. Retention of the most valuable people allows an organization to build human capital and gain a significant competitive advantage.

Having employee retention programs also lowers the cost of recruiting and developing. If the investment in an employee does not pay off, we can talk about a decrease in the effectiveness of the personnel management system as a whole. In modern theory and practice of personnel development, career building models certainly do not imply life-long hiring. But a system that makes a significant contribution to the development of its employee has no interest in leaving, so retention is a separate technology that increases the efficiency of using human resources. The use of HR analytics methods, including big data analysis, allows us to answer the questions: which people leave more often, after what period of work in an organization or its unit turnover increases, what factors affect the departure of young professionals, etc. The most frequent assumption about the reason for leaving, which is found in the leadership: the desire for more wages. However, earnings are not the only factor that influences an employee's decision. Based on statistics, it is possible to predict in which categories of personnel in what situations and after what time of work, the likelihood of employee leaving will increase, as well as to build an effective retention system that includes

• Mechanisms for selection and preparation of the reserve / successors for key positions.
• Promotion of the best employees, including in other departments.
• Technologies of adaptation and mentoring.
• Work with target groups (youth and 45+).
• Creation of a functional workspace that is effective for interaction and comfortable for the employee.
• Regular surveys of employees informing managers about the results.
• Developing an internal employer brand and a culture of engagement.

References:
1. Vlasova K. A. Personnel services of the Moscow Government: creating effective teams of the future // Bulletin of the Moscow Government University. 2020. № 3. P. 10–17.
2. Raikheld F., Marki R. Sincere loyalty. The key to winning customers for life. M.: Mann, Ivanov and Ferber, 2013. 352 p.
3. Romanova EM, Karymova AR, Masychev PV Employee involvement: the experience of the Moscow Government // Bulletin of the Moscow Government University. 2021. № 3. P. 44–51.

Перевод аббревиатур в заголовках публикаций авиационно-космической тематики

Фомушкина О.В.
МАИ, г. Москва, Россия

Стремительный технологический прогресс и рост контактов и сотрудничества в авиационно-космической отрасли ведут к увеличению количества публикаций в средствах массовой информации, целью которых является повышение осведомленности специалистов и широкого круга общественности о последних достижениях и инновациях в этой сфере. Информирование разноязычной мировой аудитории таких публикаций делает неизбежным перевод как самих текстов публикаций, так и их заголовков и заголовочных комплексов на различные языки мира. Несомненно, что языком глобального обмена информацией в настоящее время является английский язык, что определяет направление перевода в данной работе как перевод с английского – языка международного общения на русский язык. При этом в связи с необходимостью обеспечения безопасности в такой высоко рисковой отрасли, требования к качеству и точности перевода чрезвычайно высоки не только для технической документации и всевозможных инструкций, но также и для публикаций СМИ. Все выше изложенные аспекты акцентируют внимание на таких факторах как профессионализм переводчика и его умение грамотно и точно переводить авиационно-космическую терминологию, в среде которой особую трудность могут вызвать аббревиатуры. И если в тексте публикации обычно можно найти расшифровку тех аббревиатур, которые не являются широко известными и общеупотребимыми, то перевод аббревиатур в заголовке, если рассматривать его изолированно от текста публикации, может вызвать значительные трудности или даже привести к ошибкам в переводе, при условии, что аббревиатура имеет несколько совершенно различных расшифровок, применяемых в отрасли авиации и космоса. Для преодоления подобных трудностей при переводе аббревиатур в заголовке, переводчику было бы полезно тщательно изучить полный текст самой публикации и проанализировать контекст, что поможет сузить информационное поле и выбрать правильное значение искомой аббревиатуры именно в этом контексте. Также весьма полезно использование специализированных словарей технической терминологии и аббревиатур. Определившись с точным значением и расшифровкой аббревиатуры, переводчик должен также правильно передать эту аббревиатуру на языке перевода, например на русском. И здесь можно выделить такие методы, как передача аббревиатуры транслитерацией, передача аббревиатуры транскрипцией, заимствование аббревиатуры в ее оригинальном написании с использованием латинского алфавита, описательный перевод или создание новой аббревиатуры на переводящем языке.

Translation of abbreviations in the titles of publications on aerospace topics

Fomushkuna O.V.
MAI, Moscow, Russia

Rapid technological progress and the growth of contacts and cooperation in the aerospace industry lead to an increase in the number of publications in the mass media, the purpose of which is to increase the awareness of specialists and the general public about the latest achievements and innovations in this field. Informing the multilingual world audience of such publications makes it inevitable to translate both the texts of publications themselves, as well as their titles and title complexes into various languages of the world. There is no doubt that the language of global information exchange is currently English, which determines the direction of translation in this work as a translation from English-the language of international communication into Russian. At the same time, due to the need to ensure security in such a high-risk industry, the requirements for the quality and accuracy of translation are extremely high not only for technical documentation and various instructions, but also for media publications. All the above mentioned aspects focus on such factors as the translator's professionalism and his ability to correctly and accurately translate aviation and space terminology, in an environment where abbreviations can cause particular difficulty. And if in the text of the publication it is usually possible to find a transcript of those abbreviations that are not widely known and commonly used, then the translation of abbreviations in the title, if considered in

isolation from the text of the publication, can cause significant difficulties or even lead to errors in translation, provided that the abbreviation has several completely different transcriptions used in the aviation and space industry. To overcome such difficulties when translating abbreviations in the title, it would be useful for the translator to carefully study the full text of the publication itself and analyze the context, which will help narrow the information field and choose the correct meaning of the desired abbreviation in this context. It is also very useful to use specialized dictionaries of technical terminology and abbreviations. Having determined the exact meaning and interpretation of the abbreviation, the translator must also correctly convey this abbreviation in the target language, for example, in Russian. And here we can distinguish such methods as the transfer of an abbreviation by transliteration, the transfer of an abbreviation by transcription, borrowing an abbreviation in its original spelling using the Latin alphabet, descriptive translation or creating a new abbreviation in the translating language.

Информативная составляющая текста: анализ иноязычного текста в техническом вузе (на материале текстов аэрокосмической тематики)

Христофорова Н.И.
МАИ, г. Москва, Россия

При создании учебного иноязычного текста основной задачей является выбор средств, как вербальных, так и невербальных, при помощи которых осуществляется «коммуникация» автора и студента с целью формирования языковой компетенции в контексте преподавания иностранного языка. Иноязычный текст с невербальной составляющей представляет студенту материал об исследовании, устройстве летательного аппарата и др. в сжатой форме, что позволяет значительно сократить объем текста и одновременно сделать его максимально понятным. Указанный эффект достигается методом повышения информативной плотности. Содержание текста максимально концентрируется в таких составляющих как заголовок, введение, определение понятия, выводах. Важную роль при этом играют невербальные средства.

Произведенное исследование способов повышения информативной плотности в иноязычном тексте, как адаптированном, так и неадаптированном, позволило выявить наиболее употребительные из них, а также определить их роль в понимании и усвоении сложной научно-технической информации студентами, выявить их роль в стимулировании интереса к новому материалу и расширении словарного запаса студентов. К этим средствам относятся термины-композиты, аббревиатуры, избегание повторения компонента слова путем постановки дефиса (на лексическом уровне). На уровне синтаксиса к ним относятся эллиптические предложения, часто в сочетании с компрессирующей пунктуацией. Часто используются элементы других знаковых систем. Эффективными невербальными средствами повышения информативной плотности являются фотографии, схемы, рисунки, видеоматериалы, а также цвет, шрифт, наглядно представляющие элементы, отраженные в тексте с помощью вербальных средств.

Informative component of the text: analysis of a foreign language text in a technical university (based on the material of aerospace texts)

Khristoforova N.I.
MAI, Moscow, Russia

When creating an educational foreign language text, the main task is to choose the means, both verbal and non-verbal, with which the author and the student "communicate" in order to form language competence in the context of teaching a foreign language. A foreign-language text with a non-verbal component presents the student with material about the study, the device of the aircraft, etc. in a compressed form, which allows you to significantly reduce the volume of the text and at the same time make it as clear as possible. This effect is achieved by increasing the informative density. The content of the text is maximally concentrated in such components as title, introduction, definition of the concept, conclusions. Non-verbal means play an important role in this.

The study of ways to increase the informative density in a foreign language text, both adapted and unadapted, made it possible to identify the most common of them, as well as to determine their role in understanding and assimilation of complex scientific and technical information by students, to identify their role in stimulating interest in new material and expanding the vocabulary of students. These tools include composite terms, abbreviations, avoiding repetition of a word component by placing a hyphen (at the lexical level). At the level of syntax, these include elliptical sentences, often in combination with compressing punctuation. Elements of other sign systems are often used. Effective non-verbal means of increasing the informative density are photographs, diagrams, drawings, video materials, as well as color, font, visually representing the elements reflected in the text using verbal means.

Хеджирования рисков предприятий оборонно-промышленного комплекса

Чайка Н.К.
МАИ, г. Москва, Россия

Для повышения конкурентоспособности оборонно-промышленного комплекса (ОПК), в рыночную инфраструктуру и внедрение современных рыночных инструментов предлагается использование на предприятиях ОПК методов хеджирования рисков, так как методы прогнозирования цен на продукцию, поставляемую по гособоронзаказ (ГОЗ), не в полной мере учитывают риски, возникающие при формировании цены.

Предлагаемая модель хеджирования рисков, разработана для предприятий оборонно-промышленного комплекса и может применяться предприятиями, выпускающими вооружения и сопутствующую продукцию.

На первом этапе применяем алгоритм модели предприятия (расчёта цены), который заключается в описание процедур, с помощью которых осуществляется процесс установления окончательной цены продукции на предприятиях ОПК. Цена должна быть минимальной для продавца (предприятия ОПК) и в то же время максимальной для покупателя (государства), так как сделка (заключение контракта) осуществляется по цене, равно выгодной для каждой из сторон в данных конкретных условиях совершения сделки.

Далее переходим к хеджированию рисков, исходя из детализации, с использованием фьючерсных контрактов, заключённых предприятиями ОПК.

Для хеджирования предприятиям необходимо определить количество фьючерсных контрактов, которые требуется купить или продать. При полном хеджировании количество контрактов определяется простым делением количества единиц хеджируемого актива на количество единиц актива в одном фьючерсном контракте.

Хеджирование фьючерсными контрактами считается одним из самых эффективных способов хеджирования рисков и заключается в открытии временной позиции на фьючерсном рынке, которая близка по параметрам и противоположна по сути позиции инвестора на наличном рынке и защищает его от рыночного риска. Хеджирование основывается на предположении о близком значении наличной цены базисного актива и фьючерсной цены. Любая попытка уменьшить риск потерь с помощью хеджирования фьючерсными контрактами должна принимать во внимание отношение наличной цены базисного актива к фьючерсной цене, определяющее прибыль или убытки от хеджирования

В итоге получаем, что вышеперечисленная цепочка алгоритмов создаёт комплексную модель хеджирования рисков на предприятиях ОПК. А также позволяет комплексному методу хеджирования рисков спрогнозировать колебания на финансовых и сырьевых рынках, что даёт возможность маркетологам и аналитикам предприятий грамотно распоряжаться вложенными средствами, учитывая эти колебания.

Литература:

1. Danilina, M. V., Trifonov, P. V., Surkova, E. V., Tchaika, N. N., Klonitskaya, A. Y., & Ermolaeva, E. N. (2017). Managing business in the regions of russia: Threats' analysis. International Journal of Economic Research, 14(4), 55-67.

2. Tikhonov A.I., Novikov S.V. (2020). Modern Organization Effective Functioning Evaluation. Quality-Access to Success. 2020. Vol.21. - № 178. - P. 3-6

3. Дмитриева, М. А. Разработка концепции хеджирования процентных и валютных рисков в компаниях нефинансового сектора / М. А. Дмитриева // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. -2016. - № 2(35). - С. 132-137.

4. Приказом ФСТ России от 15 декабря 2006 г. № 394 «Методические рекомендации по определению уровня рентабельности при производстве продукции (работ, услуг) военного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу».

Hedging the risks of enterprises of the military-industrial complex

Chaika N.K.

MAI, Moscow, Russia

In order to increase the competitiveness of the military-industrial complex (MIC), in the market infrastructure and the introduction of modern market instruments, it is proposed to use risk hedging methods at defense industry enterprises, since methods of forecasting prices for products supplied under the state defense order (GOZ) do not fully take into account the risks arising during price formation.

The proposed risk hedging model has been developed for enterprises of the military-industrial complex and can be used by enterprises producing weapons and related products.

At the first stage, we apply the algorithm of the enterprise model (price calculation), which consists in describing the procedures by which the process of setting the final price of products at defense enterprises is carried out. The price should be the minimum for the seller (the defense industry company) and at the same time the maximum for the buyer (the state), since the transaction (conclusion of the contract) is carried out at a price that is equally favorable for each of the parties in these specific conditions of the transaction.

Next, we proceed to hedging risks, based on the details, using futures contracts concluded by defense industry enterprises.

To hedge, businesses need to determine the number of futures contracts that they need to buy or sell. In full hedging, the number of contracts is determined by simply dividing the number of units of the hedged asset by the number of units of the asset in one futures contract.

Hedging with futures contracts is considered one of the most effective ways to hedge risks and consists in opening a temporary position on the futures market, which is close in parameters and opposite in essence to the investor's position on the cash market and protects him from market risk. Hedging is based on the assumption of a close value of the cash price of the underlying asset and the futures price. Any attempt to reduce the risk of losses by hedging futures contracts should take into account the ratio of the cash price of the underlying asset to the futures price, which determines the profit or loss from hedging

As a result, we get that the above chain of algorithms creates a comprehensive risk hedging model at defense industry enterprises. It also allows a comprehensive risk hedging method to predict fluctuations in financial and commodity markets, which enables marketers and analysts of enterprises to competently manage their invested funds, taking into account these fluctuations.

References:

1. Danilina, M. V., Trifonov, P. V., Surkova, E. V., Tchaika, N. N., Klonitskaya, A. Y., & Ermolaeva, E. N. (2017). Managing business in the regions of russia: Threats' analysis. International Journal of Economic Research, 14(4), 55-67.

2. Tikhonov A.I., Novikov S.V. (2020). Modern Organization Effective Functioning Evaluation. Quality-Access to Success. 2020. Vol.21. - № 178. - P. 3-6

3. Dmitrieva, M. A. Development of the concept of hedging interest rate and currency risks in non-financial sector companies / M. A. Dmitrieva // Business. Education. Right. Bulletin of the Volgograd Institute of Business. -2016. - № 2(35). - Pp. 132-137.

4. By Order of the Federal Customs Service of Russia dated December 15, 2006 No. 394 "Methodological recommendations for determining the level of profitability in the production of military products (works, services) supplied under the state defense order".

Алфавитный указатель

Index

A

Abdullin M.R. 87
Afonin A.A. 242, 293
Afonina M.B. 511
Agaev M.R. 432
Agapov A.V. 89
Agarkova E.O. 511
Akhmatova D-M. 544
Akhmatova M.S. 544
Akhramovich A.A. 16, 20
Akimov A.A. 535
Alekhina O.A. 540
Aleksandov A.A. 244
Alekseeva E.A. 166
Alekseeva E.I. 537
Alekseeva M.M. 39
Alekseeva P.A. 538
Alen Glebo 402
Alendar A.D. 91, 101
Algazin S.D. 461
Alpatov I.V. 92, 94
Altunin K.V. 87
Altunin V.A. 87, 125
Andreev S.A. 541
Andrievsky B.R. 217
Andriychuk V.I. 168
Anikeev G.L. 170
Anisimov V.M. 144
Anisimova T.V. 206
Ankudinova A.V. 171
Antipov A.A. 404
Anurova O.M. 543
Apollonov D.V. 175
Arbuzov I.V. 65
Arkhipov A.N. 107
Aronov D.I. 15
Artamonov B.L. 430
Artemov A.D. 445
Aslanov A.R. 95
Astafurov A.V. 185
Astakhov S.A. 38, 426
Astapov A.N. 477
Aung M.M. 367
Avdyushkin A.N. 403

B

Babkina K.A. 649
Baev A.B. 301
Balakirev N.E. 232, 275
Balashov Yu.V. 41
Balyk E.V. 578
Balysny K.V. 146
Barakovsky F.A. 173
Baranov A.M. 365
Baranov M.S. 332
Baranov S.V. 127
Bardin B.S. 406, 414, 442, 457
Bardowsky M.M. 426
Basharov E.A. 18
Basova A.N. 478
Basova M.V. 479
Basova T.V. 479
Basova V.P. 545
Beklemishchev F.S. 375
Belichenko M.V. 407
Belobzhesky L.A. 259
Belonogova E.A. 222
Belov G.O. 547
Belozerova I.N. 333
Belyakov I.A. 453
Belyakov N.V. 459
Belyakova V.V. 654
Belyavsky A.E. 334, 353
Belykh M.A. 411
Beretskiy I.S. 409
Bernatskaia M.T. 548
Bernatsky K.S. 377
Bersutskaya O.D. 394
Bibikova K.I. 175, 211
Biryukov V.I. 38
Blinov V.V. 267
Blyakharsky Ya.S. 97, 131
Bobe L.S. 352, 359
Bobronnikov V.T. 176, 340
Bodrov N.M. 584
Boikov A.A. 335
Boinovich L.B. 34
Boksha L.V., 21
Boldyrev A.V. 54
Boldyreva A.I. 16
Boldyreva A.V. 20
Bondarenko A.V. 549
Borisov D.A. 146
Borisova E.V. 16
Bormotin K.S. 411
Borovikov D.A. 92, 94, 426
Borovov A.S. 177
Bortakovsky A.S. 178, 412
Brekhov O.M. 180, 222
Brel A.O. 180
Bubnov V.V. 571
Budkov A.S. 182
Budnik D.A. 529
Bukharov S.V. 185
Burdenkov A.S. 551
Burdin D.V. 481, 486
Burdin S.S. 553
Burdina A.A. 537, 549, 573
Burlachenko A.G. 482
Busurin V.I. 189, 205
Buyakov A.S. 532
Buyakova S.P. 482, 532
Buzunov D.S. 183
Bykadorov A.N. 483
Bykov L.V. 111

C

Chaika N.K. 606, 714
Chalova O.A. 578
Chechet I.V. 123, 144
Chekan A.A. 708
Chekhovskaya K.D. 288
Chelpanov A.V. 490
Chen Bolun 154
Cherkunov M.A. 76
Chernitsyn A.E. 584
Chernoded A.I. 287
Chernomorsky A.I. 259, 281
Chernyshov M.V. 141, 358, 372
Chernyshova Y.V. 507
Chervaykov V.I. 560

Chigineva Y.V. 674
Chubikov V.N. 392
Chuksina O.V. 561
Chulkov M.V. 78
Chumagina Y.I. 290
Chumakova E.V. 291
Cibin A.V. 222
D

Dadyan K.E. 569
Dainov M.I. 559, 592
Dang V.V. 205
Danilina A.N. 206
Davidenko L.V. 490
Davidov A.D. 567
Davydov A.V. 102
Davydov P.K. 26
Davydov V.D. 422
Degtyarenko R.A. 423
Degtyarev S.A. 102
Demchenko D.S. 137
Deniskin Yu.I. 46
Deniskina A.R. 31, 544
Denisov V.I. 336
Denisova I.P. 336
Deryabin A.L. 370
Desyatkova E.V. 667
Dghum V.S. 308
Diakonov G.A. 104
Dianova E.V. 570
Dikova F.A. 599
Diyachuk A.K. 340
Dmitrakov S.A. 208
Dmitriev A.L. 296
Dmitryev E.A. 522
Dobashina K.A. 566
Dobychina E.M. 309
Dolzhenko S.B. 687
Domina Sokol 402
Dronin A.S. 608
Dubinina N.M. 571
Dubinskii M.O. 573
Dubinsky M.O. 674
Dudchenko A.A. 73
Dudina D.A. 51
Dudkov K.V. 21
Dukhnovskiy D.A. 29
Dunyashev D.A. 384
Dyachenko I.A. 462
E

Efimov D.E. 87
Efremov A.V. 32, 52, 85
Efremov E.V. 32
Egorov A.A. 268
Egorova E.K. 409
Egorova Y.B. 490
Egoshin S.F. 601
Einiev E.T. 336
Emelyanenko K.A. 34
Emelyanov E.A. 209
Emtsova I.I. 564
Eremeenkova N.A. 680
Eremichev A.A. 517
Eremkina M.S. 105
Erkov A.P. 18
Ermakov A.A. 200
Ermakov I.S. 425
Ermakov M.A. 210
Ermakova O.V. 574
Ermilov V.O. 575
Ermilov Ya.V. 595
Ermolaeva E.N. 575
Erofeev T.S. 107
Erokhin P.V. 66
Eropkin A.M. 577, 587, 636
Ershenko D.E. 426
Ershov V.S. 79, 211
Ershova I.M. 31
Eruslankin S.A. 341
Espinosa B. 297, 441
Evdokimov O.A. 113
Evdokimova E.A. 412
Evgrafova S.O. 692
Ezhov A.D. 111, 119
F

Fadeev M.M. 275
Fadeeva A.D. 222
Favorskiy E.K. 274
Favorskiy K.G. 274
Fedin A.V. 523
Fedorov A.A. 107
Fedorova L.V. 506
Fedoseeva V.P. 266
Fedotova M.A. 707
Fedulov V.I. 644, 708
Felomeshkin D.M. 661
Fertikov A.O. 153
Fetisov A.G. 641
Fevralskikh A.V. 74
Filina I.I. 647
Filippov A.A. 470
Filippov D.S. 488
Fiveyskiy V.Y. 710
Fokin A.A. 589
Fomin R.D. 277
Fomina O.V. 663
Fomushkuna O.V. 711
Formalev V.F. 423
G

Gagarskiy V.S. 197, 381
Galikhanov S.K. 228
Galkina E.E. 559, 592
Galtsova M.S. 199
Galyshev S.N. 487
Galyuk N.A. 560
Ganyushkina N.A. 23
Garduno R.A. 361
Garibyan B.A. 423
Gasparovic Goran 402
Gavrilova A.V. 379
Gavrish O.N. 336
Gavva L.M. 44
Gerashchenko N.N. 658
Gerasimov A.V. 323
Ghimirey Bishal 86
Ginzburg I.B. 200
Gladkaya K.V. 701
Glinkin G.W. 584
Goldovsky A.A. 384
Golikov I.N. 202
Golov R.S. 622
Golovan A.A. 295
Goloveshkin D.A. 203
Gonchar A.G. 108
Goncharenko V.I. 383
Goncharova N.N. 510, 529
Gorbunov G.L. 697
Gordeev S.V. 100
Gordeeva M.I. 488
Gorelov B.A. 541, 570, 637
Goriachev A.V. 415, 417, 418
Goriachev D.A. 415, 417, 418
Goriachev P.A. 415, 417, 418
Gorin E.D. 127
Gorkova N.V. 351
Gorodnichenko V.I. 379
Goryachkin E.S. 121
Gotovcev A.G 197, 381
Goyushova L.M. 561
Gribanov A.S. 315
Gribtsova A.D. 419

Grigorev V.V. 522
Grigoriev V.G. 451, 452
Grigoryan A.K. 306
Grishanina T.V. 420
Grunin A.N. 91, 101
Gubanova S.E. 563
Guerra G.D. 297
Gulyaev A.G. 564
Gurakov N.I. 123
Gurtovaya G.V. 494
Guryanov A.I. 133
Guryanova M.M. 133
Guryavichyus Y.A. 204
Gusarkin S.N. 24
Gusev D.E. 486
Guseva E.E. 420
Gushchina O.A. 307
Gusiletov A.A. 338
Gvozdeva O.N. 526
Gyazova M.M. 566, 581

H

Ha C.M 73
Herrera J.L. 297
Hoa Van Dong 471
Hotkina E.S. 680
Htet S.P. 75
Huang Zheng 82

I

Ignatkin Yu.M. 43, 50, 83
Igumentsev I.Yu. 219
Ingildeev R.R. 310
Ionov A.V. 89
Isaev N.A. 590
Islamov R.S. 526
Ismagilov D.R. 355
Israilova N.N. 493
Ivanov A.A. 475
Ivanov A.E. 497
Ivanov I.E. 142
Ivanov I.G. 110
Ivanov I.I. 365, 449
Ivanov S.V. 428
Ivanov V.O. 218
Ivanova G.A. 654
Ivanyukhin A.V. 347

J

Johannes Russer 301
Josip Volf 402

K

Kaadze A.A. 239
Kabanov A.S. 559, 592
Kachalin V.S. 223
Kachurina E.S. 462
Kadochnikov A.A. 246
Kalashnikov A.Y. 220
Kalashnikov K.N. 498
Kalinenko A.S. 593
Kalinin D.V. 18
Kaloshina M.N. 570, 586, 595, 596
Kalugina G.A. 598
Kamyshnikov I.N. 688
Kandyba K.S. 23
Kanev S.V. 100
Kaperskaya O.V. 510
Kapustina D.M. 582
Karataeva E.S. 490
Kargaev M.V. 430
Karshanov I.F. 599
Kasatikov N.N. 222
Kasatkin A.A. 601
Kashevskiy A.V 381
Kataev A.V. 38
Kaun Y.V. 39
Kerobian M.S. 484
Keyno P.P. 166, 230, 265, 299
Kharitonov A.B. 291
Kharitonova A.Yu. 159
Khartov S.A. 100
Khayrnasov K.Z. 278
Kholostova O.V. 472
Khomutskaya O.V. 279
Khorev T.S. 281
Khoroshilov A.A. 283
Khoroshko L.L. 265
Khramtsov M.V. 284
Khristoforova N.I. 712
Khrustalev A.L. 74
Kikina A.Y. 344
Kim V.P. 127
Kimyaev A.I. 387
Kineshev A.A. 602
Kirillov V.Yu. 224, 225
Kirsanov A.M. 388
Kiselev V.P. 111, 119
Kishov E.A. 431
Klimenko V.A. 227
Klochkov V.V. 601
Kniaz V.V. 228
Kochetov V.A. 502
Kochneva L.V. 623
Kokurov A.M. 432
Kolesova A.A. 113, 114
Kolesova E.G. 114
Kolessa A.A. 454
Koletvinova E.Y. 610
Kolobov A.A. 611
Kolomoets E.N. 613
Kolubaev E.A. 498
Komarova N.V. 614
Kondarattsev V.L. 434
Kondratieva S.G. 322
Kondratov A.V. 115
Kondratyev D.V. 615
Konovalov K.A. 232
Konovalova O.V. 626
Konovalova V.G. 617
Konstantinov I.A. 41
Konstantinov S.G. 43
Korbut E.A. 619
Korchagin A.A. 46
Korobeynikov E.V. 501
Korobkov M.A. 233
Korolenko V.V. 564
Korolev D.D. 116
Korolskii V.V. 44
Korotetskiy Y.V. 314
Korotun V.L. 621
Korzh S.E. 513, 603
Korzun F.A. 85
Koshelev A.S. 625
Koshelev B.V. 192
Kosorukova O.V. 345, 523
Kostiukov V.M. 285
Kostygova L.A. 554, 622
Kotov V.V. 345
Koval A.A. 640
Kovalchuk A.S. 606
Kovalenko V.D. 605
Kovalev I.A. 501
Kovalevich M.V. 26, 603
Kovynev O.R. 229
Kozhevnikov G.D 116
Koziner Y.D. 118
Kozlov P.P. 500
Kozlov R.Y. 312
Kozlova E.G 676
Kozlovcev S.A. 692
Kozlovtsev S.A. 608
Kozyrev N.A. 230
Kraev V.M. 95, 626

Krasavin D.S. 315
Krasnyanskij D.E. 628
Kravchenko V.S. 347
Kravtsov D.A. 118
Kritsky B.S. 13, 67
Krivenok A.A. 411
Krugov A.A. 211, 379
Krylova M.A. 435
Krylova Y.A. 119
Kryuchkov V.V. 206
Kryukov I.A. 142
Kryukova V.A. 693
Ksyunin I.A. 348
Kuchmy A.D. 316
Kudryashov I.A. 121
Kudryavtseva N.S. 333
Kulagin K.M. 608
Kupriyanova Y.A. 350
Kuris E.D 268
Kuritsyn D.N. 504
Kurkin E.I. 431, 437, 441
Kusakina Y.N. 506
Kusyumov A.N. 13, 67
Kuzina N.V. 235
Kuzmichev A.N. 238
Kuzmin E.V. 122
Kuznetsov I.M. 213, 237, 262
Kuznetsov N.A. 523
Kuznetsov N.V. 217
Kuznetsov Yu.V 301
Kyi P.L. 189

L

Lakhin A.V. 496
Lastochkina E.A. 587
Latysheva V.V. 629
Lavrischeva E.E. 677
Lazorin D.S. 438
Lebedev A.V. 383
Leontyev M.K. 102
Leschuk O.G. 399
Lesnevsky L.N 131
Lesnevsky L.N. 97, 105
Levitsky A.V. 47
Lidzhiev A.A. 507
Litvinenko Z.S. 123
Liu Zhe 240
Loginova O.R. 440
Losev V.A. 318
Lozovan A.A. 97
Lukhanin V.O. 48
Lukicheva V.Yu 551
Lukyanov O.E. 297, 441
Luneva S.Y. 239
Lunyov I.V. 493
Lupachev D.K. 69
Lvov M.V. 125
Lyakhovetsky M.A. 105, 116, 131
Lyapustina N.G. 678
Lygina I.Y. 319
Lysov G.V. 193
Lyssakov N.D. 630
Lyssakova E.N. 630

M

Maamo M. Shikho 242
Makarova A.E. 283
Makarova V.A. 631
Makaryants G.M. 126, 139
Makeev P.V. 43, 50, 83, 430
Maksimov B.A. 442
Maksimov N.A. 245
Malyh D.A. 355
Malykh E.A. 246
Mamonov A.M. 507
Mamykin N.I. 514
Mandrakov E.S. 51
Manuylova N.B. 351
Marmyl D.A. 660
Martirosov D.S. 145
Mateshuk A.A. 633
Matkovskiy N.O. 389
Matsykin S.V. 163
Matulyak A.I. 477
Matveev A.G. 518
Matveev S.S. 126, 139
Maurina T.S. 634
Maximov A.N. 244
Mbikayi Zoe 52
Medvedev A.M. 279
Melik-Aslanova N.O. 573, 637, 639, 640
Melnikov A.B. 501
Melnikov A.V. 100, 134, 137
Menshchikov I.M. 481
Merkurev D.V. 127
Merzlyakov D.A. 284
Meshankov D.V. 642
Messineva E.M. 351, 641, 693
Mezina N.A. 577, 587, 636
Mikhailin D.A. 383
Mikhailov A.A. 644, 708
Mikhailova L.V. 645
Minasyan V.B. 246
Mirakhmedov R.O. 227
Mirgazov R.M. 13, 67
Mirovoy Y.A. 482
Mishin Y.N. 250
Mitrofanov S.Yu. 248, 249, 445
Mitrofanova Y.A. 444
Mogulkin A.I. 137
Mohammad Hussam 509
Mohov Yu.V. 177
Moiseev V.S. 530
Mokryakov A.V. 409
Morozov A.Yu. 238
Moskvicheva N.V. 647, 649
Mukhanov D.I. 291
Muravyev V.I. 522
Myravyova N.V. 650

N

Nabieva D.G. 652
Nadiradze A.B. 99, 129
Nakhodnova A.V. 510, 529
Nasonov F.A. 70
Naumenko A.G. 445
Nazarov A.V. 260, 267, 321
Neelima Venugopalan 86
Neiman A.V. 511, 515
Nekhaev I.D. 639
Nekhrest-Bobkova A.A. 658
Nelin I.V. 303
Neretin E.S. 182
Nerutskaya A.V. 514
Nesterenko V.G. 122, 155
Netrebskaya O.N. 656
Neverova N.V. 654
Neypert T.A. 513, 603
Nguyen Dinh To 322
Nguyen N.M. 285
Nguyen Thanh Son 130
Niemisto V.A. 252

Nikishkin S.I. 345
Nikolaev A.S. 446
Nikolaev I.A. 97, 105, 131
Nikolaev P.M. 47
Nikolay D.D. 28
Nikolenko T.Yu. 660, 685
Nikolskaya E.E. 560
Nikonov Yu.Yu. 253
Nikulenko A.A. 47
Nikulina E.N. 611, 661, 662
Norollahisomarin R. 21
Noskova K.R. 133
Novichkov V.M. 250
Novikov A.Yu. 214, 254
Novikov S.V. 703
Nuzhdenko N.S. 255

O

Obolenskiy V.Y. 391
Obukhov V.A. 134
Odinokov S.A. 20
Ofitserov V.P. 258
Okhotnikov D.A. 203, 310, 315, 323
Olaru Adrian 149, 162
Oleynik M.A. 448
Opryshko N.V. 663
Orlov A.A. 515
Osipov V.V. 163
Osipova T.V. 449
Ovchinnikova E.V. 322
Ovsyannikov A.S. 256
Ovsyannikov M.O. 79, 379

P

Padalko S.N. 200
Pakhov V.V 13
Paltievich A.R. 517
Panisheva A.K. 598
Panteleev A.V. 453, 454
Parafes' S.G. 350
Parfentiy A.P. 55, 79
Park SongYi 451
Park SongYi 452
Pashchenko A.A. 324
Pastukhov V.I. 145
Pavelchuk M.V. 54
Pavlov A.V. 352
Pavlov K.A. 135
Pchelnikova-Grotova O.N. 272
Pechenyuk V.S. 58
Pechenyuk V.S. 59
Perkova E.P. 665, 670
Peshkov R.A. 355
Petelin D.A. 353
Peter Russer 301
Petrov M.A. 518
Petrov P.A. 518
Petrov R.A. 69
Petrova E.N. 57
Petrukhin V.A. 259
Petukhova O.S. 506, 520
Peysakhovich O.D. 134, 137
Pichugin S.B. 456
Pitsyk V.S. 522
Pochestnev A.A. 670
Podshibnev V.A. 392
Pogodin V.A. 477
Poimalin V.E. 220
Polishchuk N.V. 666
Polovova T.A. 667
Ponomareva D.I. 669
Ponomareva E.A. 669
Ponyaev L.P. 138
Popov G.M. 121, 159
Popov I.A. 260
Popov Yu.I. 58, 59
Potapova Z.E. 263
Potyanikhin D.A. 411
Pozhidaev A.A. 92, 94
Pozhidaev A.A. 118
Pravidlo M.N. 384
Pravikov D.I. 438
Priskoka D.D. 210
Prodanik V.A. 85
Prokopyeva A.S. 674
Pronin S.R. 345
Pronkin A.N. 213, 237, 262
Proshkin V.Yu. 356
Prosvirina N.V. 676
Protasov V.I. 263
Prozorov D.E. 672
Pshenichny V.V. 57
Pushkarev M.D. 678
Pushkareva M.B. 678
Puzanov A.V. 523, 677
Pyanov Z.M. 692
Pykhtin A.V. 471

Q

Quijada P.G. 12
Quijada P.J. 437, 441

R

Rachkov A.A. 457
Radin D.V. 126, 139
Ratkina D.S. 61
Ravikovich Yu.A. 107, 110, 138
Reshetnikov D.A. 386
Resulkulyyeva G. 62
Rodionov N.V. 343
Rodionov V.V. 372
Rodnikov A.V. 458
Rogozhin D.A. 608
Romanov V.D. 244
Rozantsev K.O. 64
Rozhkov K.A. 525
Ruakova A.S. 574
Ruchina N.V. 514, 515
Rudko I.D. 265
Ryabichev 399
Ryabov I.M. 486
Rybakova L.V. 680
Rybnikov S.I. 248, 249

S

Sadovskaya M.L. 654
Safronova K.P. 353, 361
Salakhutdinov I.T. 682
Salnikov A.F. 57
Salnikov N.A. 359
Salyamov R.Kh. 321
Samoylov V.M. 510
Samsonov K.Yu. 430
Samsonovich S.L. 392
Samylovskiy I.A. 459, 470
Sanin R.A 197, 381
Saprykin B.Yu. 518
Sarychev S.M. 494
Sashin A.P. 66
Savchenko V.N. 309
Savchuk A.T. 160
Savelev A.S. 394
Savelova K.E. 141, 358
Savelyev S.A. 65
Savilkin S.B. 163
Savilkina O.A. 163
Saykin M.S. 266
Sazonov V.V 459

Scherbakov A.I. 85
Selin A.I. 363
Selivanov I.A. 461
Seliverstov S.D. 89
Semeniv V.V. 142
Semenov A.S. 165
Sementsova A.N. 18
Semina A.P. 684
Semina L.V. 685
Serebryansky S.A. 36, 62, 72
Sesyukalov V.A. 364
Shakin A.D. 584, 636
Shakhov V.G. 12
Shalin A.V. 526
Shapovalov N.A. 293
Sharakha N.A. 323
Sharoiko E.A. 680
Sharonov A.V. 295
Shatalin A.A. 529
Shavelkin D.S. 76
Shcheglova D.E. 623
Shchegolev A.A. 125
Shcherbachev T.A. 309
Shcherban A.I. 159
Shchur P.A. 502, 533
Shelagurova M.S. 399
Shemetovets A.A. 155
Shemonaeva E.S. 368
Shestakov I.N. 217
Sheypak O.A. 578
Shibaev V.M. 55, 79, 211
Shilova A.A. 157
Shirokov A.A. 400
Shishkin A.V. 80
Shkurin M.V. 82
Shlyaptseva A.D. 530
Shmakov V.V. 532
Shmelkova A.G. 617
Shnayder M.V. 296
Shomov A.I. 43, 50, 83
Shushkov A.V. 329
Sidorenko S.S. 326
Silantieva E.A. 687
Silin N.D. 395
Siluyanova M.V. 91, 101, 147, 153, 504
Sirotin N.N. 130
Skliarov V.A. 596
Skovorodkin E.A. 113
Slav S.I. 614
Smirnov K.K. 177, 260, 267, 321
Smirnov S.V. 258
Smirnov V.A. 397, 608
Smirnova E.A. 514, 520
Smirnova T.S. 688
Smolyaninova Y.V. 677
Snastin M.V. 309, 327
Snegirev A.O. 481
Sokolov L.A. 690
Solakov A.S. 242
Solodova A.D. 692
Sopelnik D.O. 515
Sopin S.V. 462
Sorokin A.E. 334, 559, 592
Sotnikova N.V. 435
Sposobin A.V. 464
Starikov S.A. 547
Starkov I.N. 525
Starodumov A.V. 89
Starostin D.A. 144
Stepanov R.P. 67
Stepanov V.V. 644
Stepushin A.S. 526
Stokolesov M.S. 465
Strakhov S.Y. 435
Strelets D.Yu. 82
Strijhak S.V. 467
Strizhius V.E. 69
Strogonova L.B. 361
Sudarikov A.V. 528
Sudukova K.A. 693
Sukhanov D.B. 467
Sukhov E.A. 468
Sukhova M.R. 532
Sukmanov I.V. 477
Suldina G.A. 706
Suleymanov I.M. 145
Surkov D.A. 268
Surkova E.V. 695
Sverdlov B.G. 303
Svetlana S.V. 497
Sychev A.V. 146

T

Talipov V.A. 365
Taranenko A.V. 696
Tarasenko A.N. 147
Tarasenko A.S. 368
Tarasov K.A. 529
Tarasov S.E. 370
Tarasova E.V. 662, 697
Tarasova V.N. 707
Tashchilov S.V. 496
Tatevosian M.A. 699
Terekhina Y.A. 700
Tes M.D. 497
Tikhomirova A.M. 614
Tikhonov A.I. 605, 642, 701
Tikhonov A.V. 567
Tikhonov G.V. 703
Timushev S.F. 149
Tishkov V.V. 389, 400
Tiumentsev Yu.V. 52
Tokareva E.M. 704
Tomilin M.M. 224
Torlupa A.A. 225
Tran V.V. 285
Tregubenkov S.U. 652
Tregubenkov S.Y. 637
Trifonov M.V. 176
Trofimova T.A. 322
Trubnikov A.A. 386
Tsyrkov A.V. 287
Tsyrkov R.A. 501
Turkin I.K. 363
Tytaev E.M. 70
Tyulkov K.V. 151
Tyushin A.V. 72
Tyushina M.A 72

U

Ukolova L.E. 540
Ulyanov D.V. 268
Ulyushin Y.I. 76
Usanin A.S. 270
Ushakov N.V 656
Usmanov A.T. 271, 272
Usovik I.V. 371
Ustus A.A. 47
Uvarov R.A. 706

V

Valieva Z.G. 554
Valiullin V.V. 99
Valkov V.V. 186
Vancov S.V. 188
Vanesyan O.G. 692
Vasetskiy S.O. 189
Vasilenko E.A. 191
Vasileva A.S. 484
Vasiliev V.A. 287
Vasilyev F.V. 233, 279
Vaulin S.D. 355
Vavilkin O.N. 89
Vedenskaya T.E. 556

Veremeenko K.K. 192, 195, 199, 213, 237, 262
Veretennikov S.A. 113
Verkhovskaya E.A. 338
Vinogradov M.S. 303
Vinogradov R.E. 481, 486
Vitsukaev A.V. 290
Vladimirov A.A. 193
Vlasova S.V. 557
Volkhonsky A.E. 21
Volkov A.M. 304
Volkov A.N. 432
Volkov D.A. 195
Volkov E.V. 414
Volkov V.I. 206
Vorobieva S.S. 149
Voronin V.V. 378
Vorontsova Y.V. 684
W

Wu K. 373
Y

Yagudin T.G. 520
Yakovlev A.A. 135, 160
Yakovleva A.A. 473
Yamshchikov P.B. 300
Yanovskaya M.L. 125
Yarimaka V.V. 704
Yarygin N.S. 383
Yasentsev D.A. 316
Yashina N.P. 475
Yasko E.Yu. 178
Yu Weijie 373
Yudin V.N. 304
Yurkov A.D. 299
Z

Zabroda A.A. 281
Zadoya M.V. 35
Zagidullin R.S. 343
Zaichenko O.V. 496
Zaikin N.D. 173
Zairov A.V. 494
Zaitceva I.S. 217
Zaithev V.V. 427
Zaitseva A.S. 580
Zakataev N.S. 581
Zakharov I.V. 386
Zakharova A.N. 582
Zakharova L.F. 584
Zakhmatov V.D. 358, 372
Zavyalova M.I. 108
Zaynetdinova G.T. 494
Zemlyanskaya A.P. 586
Zharkov M.V. 213, 237, 262
Zhiga N.V. 214
Zhigulin I.E. 34
Zhikharev L.A. 491
Zhirnov I.E. 215
Zhornik M.N. 114
Zhukov A.A. 220, 484, 493
Zhurbenko N.L. 578, 650
Zinina A.I. 36
Zubanov V.M. 159
Zubeeva E.V. 577, 587, 636
Zueva T.I. 589
Zveryaev E.M. 471
Zvonareva G.A. 183
А

Абдуллин М.Р. 86
Авдюшкин А.Н. 402
Агаев М.Р. 432
Агапов А.В. 88
Агаркова Е.О. 511
Акимов А.А. 535
Алгазин С.Д. 460
Александров А.А. 243
Алексеева Е.А. 165
Алексеева Е.И. 536
Алексеева М.М. 38
Алексеева П.А. 537
Алендарь А.Д. 90, 100
Алехина О.А. 539
Алпатов И.В. 92, 93
Алтунин В.А. 86, 124
Алтунин К.В. 86
Андреев С.А. 540
Андриевский Б.Р. 216
Андрийчук В.И. 167
Аникеев Г.Л. 169
Анисимов В.М. 143
Анисимова Т.В. 206
Анкудинова А.В. 170
Антипов А.А. 404
Анурова О.М. 542
Аполлонов Д.В. 174
Арбузов И.В. 64
Аронов Д.И. 14
Артамонов Б.Л. 429
Артёмов А.Д. 444
Архипов А.Н. 106
Асланов А.Р. 94
Астапов А.Н. 476
Астафуров А.В. 184
Астахов С.А. 37, 425
Афонин А.А. 241, 292
Афонина М.Б. 511
Ахматова Д.С. 543
Ахматова М.С. 543
Ахрамович А.А. 16, 19
Б

Бабкина К.А. 648
Балакирев Н.Е. 231, 274
Балашов Ю.В. 40
Балык Е.В. 577
Балясный К.В. 145
Бараковский Ф.А. 172
Баранов А.М. 365
Баранов М.С. 331
Баранов С.В. 127
Бардин Б.С. 405, 413, 441, 456
Бардовский М.М. 425
Басова А.Н. 477
Басова В.П. 544
Басова М.В. 478
Басова Т.В. 478
Башаров Е.А. 17
Беклемищев Ф.С. 375
Беличенко М.В. 406
Белобжеский Л.А. 259
Белов Г.О. 546
Белозерова И.Н. 332
Белоногова Е.А. 221
Белых М.А. 410
Белявский А.Е. 334, 353
Беляков И.А. 452
Беляков Н.В. 459
Белякова В.В. 653
Берецкий И.С. 408
Бернацкая М.Т. 547
Бернацкий К.С. 376
Берсуцкая О.Д. 393
Бибикова К.И. 174, 210
Бирюков В.И. 37
Блинов В.В. 267
Бляхарский Я.С. 96, 130

Бобе Л.С. 352, 359
Бобронников В.Т. 175, 338
Бодров Н.М. 583
Бойков А.А. 335
Бойнович Л.Б. 33
Бокша Л.В. 21
Болдырев А.В. 53
Болдырева А.В. 19
Болдырева А.И. 16
Бондаренко А.В. 548
Борисов Д.А. 145
Борисова Е.В. 16
Бормотин К.С. 410
Боровиков Д.А. 92, 93, 425
Боровов А.С. 177
Бортаковский А.С. 178, 412
Брель А.О. 179
Брехов О.М. 179, 221
Бубнов В.В. 570
Будков А.С. 181
Будник Д.А. 528
Бузунов Д.С. 183
Бурденков А.С. 550
Бурдин Д.В. 480, 485
Бурдин С.С. 552
Бурдина А.А. 536, 548, 572
Бурлаченко А.Г. 481
Бусурин В.И. 189, 205
Бухаров С.В. 184
Буяков А.С. 531
Буякова С.П. 481, 531
Быкадоров А.Н. 483
Быков Л.В. 110

В

Вавилкин О.Н. 88
Валиева З.Г. 553
Валиуллин В.В. 98
Вальков В.В. 186
Ванесян О.Г. 691
Ванцов С.В. 187
Васецкий С.О. 189
Василенко Е.А. 190
Васильев В.А. 286
Васильев Ф.В. 233, 279
Васильева А.С. 484
Ваулин С.Д. 354
Веденская Т.Е. 555
Веремеенко К.К. 191, 194, 198, 212, 236, 261
Веретенников С.А.112
Верховская Е.А. 337
Виноградов М.С. 302
Виноградов Р.Е. 480, 485
Вицукаев А.В. 289
Владимиров А.А. 193 Власова С.В. 556
Волков А.М. 304
Волков А.Н. 432
Волков В.И. 206
Волков Д.А. 194
Волков Е.В. 413
Волхонский А.Е. 21
Воробьева С.С. 148
Воронин В.В. 377
Воронцова Ю.В. 683
Ву Куньсю 372

Г

Гавва Л.М. 43
Гаврилова А.В. 379
Гавриш О.Н. 336
Гагарский В.С. 196, 380
Галиханов С.К. 227
Галкина Е.Е. 558, 591 Галышев С.Н. 486 Гальцова М.С. 198 Галюк Н.А. 559
Ганюшкина Н.А. 22
Гардуньо Р.А. 360
Гарибян Б.А. 423
Гвоздева О.Н. 525
Герасимов А.В. 322
Геращенко Н.Н. 657
Гинзбург И.Б. 199
Гладкая К.В. 700
Глинкин Г.В. 583
Голдовский А.А. 384
Голиков И.Н. 201
Голов Р.С. 621
Голован А.А. 294
Головешкин Д.А. 203 Гончар А.Г. 107
Гончаренко В.И. 382
Гончарова Н.Н. 510, 528
Горбунов Г.Л. 696
Гордеев С.В. 99
Гордеева М.И. 488
Горелов Б.А. 540, 569, 636
Горин Е.Д. 127
Городниченко В.И. 379
Горькова Н.В. 350
Горячев А.В. 414, 416, 417
Горячев Д.А. 414, 416, 417
Горячев П.А. 414, 416, 417
Горячкин Е.С. 120
Готовцев А.Г. 196, 380
Гоюшова Л.М. 560
Грибанов А.С. 315
Грибцова А.Д. 419
Григорьев В.В. 521
Григорьев В.Г. 450, 451
Григорян А.К. 305
Гришанина Т.В. 420
Грунин А.Н. 90, 100
Губанова С.Е. 562
Гуерра Гуерра, 296
Гуляев А.Г. 563
Гураков Н.И. 123
Гуртовая Г.В. 493
Гурьянов А.И. 132
Гурьянова М.М. 132
Гурявичюс Й.А. 204
Гусаркин С.Н. 23
Гусев Д.Е. 485
Гусева Е.Е. 420
Гусилетов А.А. 337
Гущина О.А. 306
Гязова М.М. 565, 581

Д

Давыденко Л.В. 489
Давыдов А.В. 102
Давыдов А.Д. 567
Давыдов В.Д. 421
Давыдов П.К. 25
Дадян К.Э. 568
Дайнов М.И. 558, 591
Данг Х.В. 205
Данилина А.Н. 206
Дегтярев Н.Д. 27
Дегтярев С.А. 102
Дегтяренко Р.А. 423
Демченко Д.С. 136
Денискин Ю.И. 45

Денискина А.Р. 30, 543
Денисов В.И. 336
Денисова И.П. 336
Дерябин А.Л. 369
Десяткова Е.В. 666
Джум В.С. 307
Дианова Е.В. 569
Дикова Ф.А. 598
Дмитраков С.А. 207
Дмитриев А.Л. 295
Дмитриев Э.А. 521
Добашина К.А. 565
Добычина Е.М. 309
Долженко С.Б. 686
Дронин А.С. 607
Дубинина Н.М. 570
Дубинский М.О. 572, 673
Дудина Д.А. 50
Дудков К.В. 21
Дудченко А.А. 72
Дуняшев Д.А. 384
Духновский Д.А. 28
Дьяконов Г.А. 103
Дьячук А.К. 338
Дяченко И.А. 461
Е

Евграфова С.О. 691
Евдокимов О.А. 112
Евдокимова Е.А. 412
Егоров А.А. 268
Егорова Е.К. 408
Егорова Ю.Б. 489
Егошин С.Ф. 600
Ежов А.Д. 110, 118
Емельяненко К.А. 33
Емельянов Э.А. 208
Емцова И.И. 563
Еремеенкова Н.А. 679
Ерёмичев А.А. 516
Еремкина М.С. 104
Ерков А.П. 17
Ермаков А.А. 199
Ермаков И.С. 424
Ермаков М.А. 209
Ермакова О.В. 573
Ермилов В.О. 574
Ермилов Я.В. 594
Ермолаева Е.Н. 574
Еропкин А.М. 576, 586, 635
Ерофеев Т.С. 106
Ерохин П.В. 66
Ерусланкин С.А. 341
Ершенко Д.Е. 425
Ершов В.С. 79, 210
Ершова И.М. 30
Ефимов Д.Е. 86
Ефремов А.В. 32, 52, 84
Ефремов Е.В. 32
Ж

Жарков М.В. 212, 236, 261
Жига Н.В. 214
Жигулин И.Е. 33
Жирнов И.Е. 215
Жихарев Л.А. 490
Жорник М.Н. 113
Жуков А.А. 220, 484, 492
Журбенко Н.Л. 577, 649
З

Заброда А.А. 280
Завьялова М.И. 107
Загидуллин Р.С. 342
Задоя М.В. 34
Заикин Н.Д. 172
Заиров А.В. 493
Зайнетдинова Г.Т. 493
Зайцев В.В. 426
Зайцева А.С. 579
Зайцева Ю.С. 216
Зайченко О.В. 495
Закатаев Н.С. 581
Захаров И.В. 385
Захарова А.Н. 582
Захарова Л.Ф. 583
Захматов В.Д. 357, 371
Зверяев Е.М. 470
Звонарёва Г.А. 183
Землянская А.П. 585
Зинина А.И. 35
Зубанов В.М. 158
Зубеева Е.В. 576, 586, 635
Зуева Т.И. 588
И

Иванов А.А. 474
Иванов А.Е. 496
Иванов В.О. 218
Иванов И.Г. 109
Иванов И.И. 365, 448
Иванов И.Э. 142
Иванов С.В. 427
Иванова Г.А. 653
Иванюхин А.В. 346
Игнаткин Ю.М. 42, 49, 83
Игуменцев И.Ю. 219
Ингильдеев Р.Р. 310
Ионов А.В. 88
Исаев Н.А. 590
Исламов Р.С. 525
Исмагилов Д.Р. 354
Исраилова Н.Н. 492
К

Каадзе А.А. 238
Кабанов А.С. 558, 591
Кадочников А.А. 246
Калашников А.Ю. 220
Калашников К.Н. 497
Калиненко А.С. 592
Калинин Д.В. 17
Калошина М.Н. 569, 585, 594, 595
Калугина Г.А. 597
Камышников И.Н. 688
Кандыба К.С. 22
Канев С.В. 99
Каперская О.В. 510
Капустина Д.М. 582
Каратаева Е.С. 489
Каргаев М.В. 429
Каршанов И.Ф. 598
Касатиков Н.Н. 221
Касаткин А.А. 600
Катаев А.В. 37
Каун Ю.В. 38
Качалин В.С. 222
Качурина Е.С. 461
Кащевский А.В. 380
Кейно П.П. 165, 229, 264, 298
Керобян М.С. 484
Кикина А.Ю. 343
Ким В.П. 127
Кимяев А.И. 386
Кинешев А.А. 601
Кириллов В.Ю. 224, 225
Кирсанов А.М. 388
Киселёв В.П. 110, 118
Кишов Е.А. 430

Клименко В.А. 226
Клочков В.В. 600
Князь В.В. 227
Ковалев И.А. 500
Ковалевич М.В. 25, 603
Коваленко В.Д. 604
Коваль А.А. 639
Ковальчук А.С. 606
Ковынев О.Р. 228
Кожевников Г.Д. 115
Козинер Ю.Д. 117
Козлов П.П. 499
Козлов Р.Ю. 311
Козлова Е.Г. 675
Козловцев С.А. 607, 691
Козырев Н.А. 229
Кокуров А.М. 432
Колесова А.А. 112, 113
Колесова Е.Г. 113
Колесса А.А. 453
Колетвинова Е.Ю. 609
Колобов А.А. 610
Коломоец Е.Н. 612
Колубаев Е.А. 497
Комарова Н.В. 613
Кондаратцев В.Л. 433
Кондратов А.В. 114
Кондратьев Д.В. 615
Кондратьева С.Г. 321
Коновалов К.А. 231
Коновалова В.Г. 616
Коновалова О.В. 625
Константинов И.А. 40
Константинов С.Г. 42
Корбут Е.А. 618
Корж С.Е. 512, 603
Корзун Ф.А. 84
Коробейников Е.В. 500
Коробков М.А. 233
Королев Д.Д. 115
Короленко В.В. 563
Корольский В.В. 43
Коротецкий Е.В. 313
Коротун В.Л. 620
Корчагин А.А. 45
Косорукова О.В. 345, 523
Костыгова Л.А. 553, 621
Костюков В.М. 285
Котов В.В. 345
Кочетов В.А. 501
Кочнева Л.В. 622
Кошелев А.С. 624
Кошелев Б.В. 191
Кравцов Д.А. 117
Кравченко В.С. 346
Краев В.М. 94, 625
Красавин Д.С. 315
Краснянский Д.Е. 627
Кривенок А.А. 410
Крицкий Б.С. 13, 67
Кругов А.А. 210, 379
Крылова М.А. 434
Крылова Ю.А. 118
Крюков И.А. 142
Крюкова В.А. 692
Крючков В.В. 206
Ксюнин И.А. 347
Кудрявцева Н.С. 332
Кудряшов И.А. 120
Кузина Н.В. 234
Кузнецов И.М. 212, 236, 261
Кузнецов Н.А. 523
Кузнецов Н.В. 216
Кузьмин Е.В. 122
Кузьмичев А.Н. 237
Куихада Пиокуинто 436, 440
Кулагин К.М. 607
Куприянова Я.А. 349
Курис Э.Д. 268
Курицын Д.Н. 503
Куркин Е.И. 430, 436, 440
Кусакина Ю.Н. 505
Кусюмов А.Н. 13, 67
Кучмий А.Д. 316

Л

Лаврищева Е.Е. 677
Лазорин Д.С. 437
Ласточкина Е.А. 586
Латышева В.В. 628
Лахин А.В. 495
Лебедев А.В. 382
Левицкий А.В. 46
Леонтьев М.К. 102
Лесневский Л.Н. 96, 104, 130
Лещук О.Г. 398
Лиджиев А.А. 506
Литвиненко З.С. 123
Логинова О.Р. 439
Лозован А.А. 96
Лосев В.А. 317
Лукичева В.Ю 550
Лукьянов О.Е. 296, 440
Лунев И.В. 492
Лунева С.Ю. 238
Лупачев Д.К. 68
Луханин В.О. 47
Лыгина И.Ю. 318
Лысаков Н.Д. 629
Лысакова Е.Н. 629
Лысов Г.В. 193
Львов М.В. 124
Лю Чжэ 240
Ляпустина Н.Г. 678
Ляховецкий М.А. 104, 115, 130

М

Маамо МШико 241
Макарова А.Е. 282
Макарова В.А. 631
Макарьянц Г.М. 125, 138
Макеев П.В. 42, 49, 83, 429
Максимов А.Н. 243
Максимов Б.А. 441
Максимов Н.А. 245
Малых Д.А. 354
Малых Е.А. 246
Мамонов А.М. 506
Мамыкин Н.И. 513
Мандраков Е.С. 50
Мануйлова Н.Б. 350
Мармыль Д.А. 659
Мартиросов Д.С. 144
Матвеев А.Г. 517
Матвеев С.С. 125, 138
Матешук А.А. 632
Матковский Н.О. 389
Матуляк А.И. 476
Маурина Т.С. 633
Мацыкин С.В. 162
Мбикаи Зое 52
Медведев А.М. 279
Мезина Н.А. 576, 586, 635
Мелик-Асланова Н.О. 572, 636, 638, 639
Мельников А.Б. 500

Мельников А.В. 99, 133, 136
Меньщиков И.М. 480
Мерзляков Д.А. 283
Меркурьев Д.В. 127
Мессинева Е.М. 350, 640, 692
Мешанков Д.В. 642
Минасян В.Б. 246
Мирахмедов Р.О. 226
Миргазов Р.М. 13, 67
Мировой Ю.А. 481
Митрофанов С.Ю. 247, 248, 444
Митрофанова Ю.А. 443
Михайлин Д.А. 382
Михайлов А.А. 643, 708
Михайлова Л.В. 645
Мишин Ю.Н. 249
Могулкин А.И. 136
Моисеев В.С. 530
Мокряков А.В. 408
Морозов А.Ю. 237
Москвичева Н.В. 646, 648
Мохаммад Хуссом 508
Мохов Ю.В. 177
Муравьев В.И. 521
Муравьева Н.В. 649
Муханов Д.И. 291

Н

Набиева Д.Г. 651
Надирадзе А.Б. 98, 128
Назаров А.В. 267, 320
Назаров А.В. 260
Насонов Ф.А. 70
Науменко А.Г. 444
Находнова А.В. 510, 528
Нгуен Динь То 321
Нгуен Н.М. 285
Нгуен Тхань Шон 129
Неверова Н.В. 653
Нейман А.В. 511, 514
Нейперт Т.А. 512, 603
Нелин И.В. 302
Неретин Е.С. 181
Неруцкая А.В. 513
Нестеренко В.Г. 122, 155
Нетребская О.Н. 655
Нехаев И.Д. 638
Нехрест-Бобкова А.А. 657
Ниемисто В.А. 251
Никишкин С.И. 345
Николаев А.С. 446
Николаев И.А. 96, 104, 130
Николаев П.М. 46
Николенко Т.Ю. 659, 684
Никольская Е.Э. 559
Никонов Ю.Ю. 252
Никуленко А.А. 46
Никулина Е.Н. 610, 660, 662
Новиков А.Ю. 214, 254
Новиков С.В. 702
Новичков В.М. 249
Нороллахисомарин Р. 21
Носкова К.Р. 132
Нужденко Н.С. 255

О

Оболенский В.Ю. 390
Обухов В.А. 133
Овсянников А.С. 256
Овсянников М.О. 79, 379
Овчинникова Е.В. 321
Одиноков С.А. 19
Олару Адриан 148
Олейник М.А. 447
Опрышко Н.В. 663
Орлов А.А. 514
Осипов В.В. 162
Осипова Т.В. 448
Офицеров В.П. 257
Охотников Д.А. 203, 310, 315, 322

П

Павельчук М.В. 53
Павлов А.В. 352
Павлов К.А. 134
Падалко С.Н. 199
Пак Сонги 450, 451
Палтиевич А.Р. 516
Панишева А.К. 597
Пантелеев А.В. 452, 453
Парафесь С.Г. 349
Парфентий А.П. 55, 79
Пастухов В.И. 144
Пахов В.В. 13
Пащенко А.А. 324
Пейсахович О.Д. 133, 136
Перкова Е.П. 664, 670
Петелин Д.А. 353
Петров М.А. 517
Петров П.А. 517
Петров Р.А. 68
Петрова Е.Н. 56
Петрухин В.А. 259
Петухова О.С. 505, 519
Печенюк В.С. 57, 59
Пешков Р.А. 354
Пицык В.С. 521
Пичугин С.Б. 455
Погодин В.А. 476
Подшибнев В.А. 391
Пожидаев А.А. 92, 93, 117
Поймалин В.Э. 220
Полищук Н.В. 665
Половова Т.А. 666
Пономарева Д.И. 668
Пономарева Е.А. 668
Поняев Л.П. 137
Попов Г.М. 120, 158
Попов И.А. 260
Попов Ю.И. 57, 59
Потапова З.Е. 262
Потянихин Д.А. 410
Почесчтнев А.А. 670
Правидло М.Н. 384
Правиков Д.И. 437
Прискока Д.Д. 209
Проданик В.А. 84
Прозоров Д.Е. 671
Прокопьева А.С. 673
Пронин С.Р. 345
Пронькин А.Н. 212, 236, 261
Просвирина Н.В. 675
Протасов В.И. 262
Прошкин В.Ю. 356
Пузанов А.В. 523, 677
Пушкарев М.Д. 678
Пушкарева М.Б. 678
Пчельникова-Гротова О.Н. 272
Пшеничный В.В. 56
Пыхтин А.В. 470

Пьянов З.М. 691
Р

Равикович Ю.А. 106, 109, 137
Радин Д.В. 125, 138
Ратькина Д.С. 60
Рачков А.А. 456
Ресулкулыева Г. 62
Решетников Д.А. 385
Рогожин Д.А. 607
Родионов В.В. 371
Родионов Н.В. 342
Родников А.В. 458
Рожков К.А. 524
Розанцев К.О. 63
Романов В.Д. 243
Рудько И.Д. 264
Русакова А.С. 573
Ручина Н.В. 513, 514
Рыбакова Л.В. 679
Рыбников С.И. 247, 248
Рябичев А.А. 398
Рябов И.М. 485
С

Савелова К.Э. 140, 357
Савельев А.С. 393
Савельев С.А. 64
Савилкин С.Б. 162
Савилкина О.А. 162
Савченко В.Н. 309
Савчук А.Т. 159
Садовская М.Л. 653
Сазонов В.В. 459
Сайкин М.С. 265
Салахутдинов И.Т. 681
Сальников А.Ф. 56
Сальников Н.А. 359
Салямов Р.Х. 320
Самойлов В.М. 510
Самсонов К.Ю. 429
Самсонович С.Л. 391
Самыловский И.А. 459, 469
Санин Р.А. 196, 380
Сапрыкин Б.Ю. 517
Сарычев С.М. 493
Сафронова К.П. 353, 360
Сашин А.П. 66
Свердлов Б.Г. 302
Селиванов И.А. 460
Селиверстов С.Д. 88
Селин А.И. 362
Семенов А.С. 164
Семенов В.В. 142
Семенцова А.Н. 17
Семина А.П. 683
Сёмина Л.В. 684
Серебрянский С.А. 35, 62, 71
Сесюкалов В.А. 363
Сидоренко С.С. 325
Силантьева Е.А. 686
Силин Н.Д. 394
Силуянова М.В. 90, 100, 146, 152, 503
Сиротин Н.Н. 129
Скворцова С.В. 496
Скляров В.А. 595
Сковородкин Е.А. 112
Слав С.И. 613
Смирнов В.А. 396
Смирнов К.К. 177, 260, 267, 320
Смирнов С.В. 257
Смирнова Е.А. 513, 519
Смирнова Т.С. 688
Смольянинова Ю.В. 677
Снастин М.В. 309, 326
Снегирев А.О. 480
Соколов Л.А. 689
Солодова А.Д. 691
Сопельник Д.О. 514
Сопин С.В. 461
Сорокин А.Е. 334, 558, 591
Сотникова Н.В. 434
Способин А.В. 463
Стариков С.А. 546
Старков И.Н. 524
Стародумов А.В. 88
Старостин Д.А. 143
Степанов В.В. 643
Степанов Р.П. 67
Степушин А.С. 525
Стоколесов М.С. 464
Страхов С.Ю. 434
Стрелец Д.Ю. 81
Стрижак С.В. 466
Стрижиус В.Е. 68
Строгонова Л.Б. 360
Судариков А.В. 527
Судукова К.А. 692
Сукманов И.В. 476
Сулаков А.С. 241
Сулейманов И.М. 144
Сульдина Г.А. 705
Сурков Д.А. 268
Суркова Е.В. 694
Суханов Д.Б. 466
Сухов Е.А. 468
Сухова М.Р. 531
Сычёв А.В. 145
Т

Талипов В.А. 365
Тант А.М. 366
Тараненко А.В. 695
Тарасенко А.Н. 146
Тарасенко А.С. 368
Тарасов К.А. 528
Тарасов С.Е. 369
Тарасова В.Н. 707
Тарасова Е.В. 662, 696
Татевосян М.А. 698
Тащилов С.В. 495
Терехина Ю.А. 699
Тес М.Д. 496
Тимушев С.Ф. 148
Тихомирова А.М. 613
Тихонов А.В. 567
Тихонов А.И. 604, 642, 700
Тихонов Г.В. 702
Тишков В.В. 389, 400
Токарева Е.М. 704
Томилин М.М. 224
Торлупа А.А. 225
Трегубенков С.Ю. 636, 651
Трифонов М.В. 175
Трофимова Т.А. 321
Трубников А.А. 385
Туркин И.К. 362
Тытаев Э.М. 70
Тюльков К.В. 150
Тюменцев Ю.В. 52
Тюшин А.В. 71
Тюшина М.А. 71
У

Уваров Р.А. 705
Уколова Л.Е. 539
Ульянов Д.В. 268
Улюшин Я.И. 76
Усанин А.С. 269

Усманов А.Т. 270, 272
Усовик И.В. 370
Ушаков Н.В. 655
Ф

Фаворский Е.К. 273
Фаворский К.Г. 273
Фадеев М.М. 274
Фадеева А.Д. 221
Февральских А.В. 73
Федин А.В. 523
Федоров А.А. 106
Федорова Л.В. 505
Федосеева В.П. 265
Федотова М.А. 707
Федулов В.И. 643, 708
Феломешкин Д.М. 660
Фертиков А.О. 152
Фетисов А.Г. 640
Фивейский В.Ю. 709
Филина И.И. 646
Филиппов А.А. 469
Филиппов Д.С. 488
Фокин А.А. 588
Фомин Р.Д. 276
Фомина О.В. 663
Фомушкина О.В. 711
Формалев В.Ф. 423
Х

Ха Чангмин 72
Хайрнасов К.З. 278
Харитонов А.Б. 291
Харитонова А.А. 158
Хартов С.А. 99
Хоа Ван Донг 470
Холостова О.В. 472
Хомутская О.В. 279
Хорев Т.С. 280
Хорошилов А.А. 282
Хорошко Л.Л. 264
Хоткина Е.С. 679
Храмцов М.В. 283
Христофорова Н.И. 712
Хрусталев А.Л. 73
Хтет С.П. 74
Хуан Чжэн 81
Ц

Цибин А.В. 221
Цырков А.В. 286
Цырков Р.А. 500
Ч

Чайка Н.К. 606, 713
Чалова О.А. 577
Чан К.В. 285
Чекан А.А. 708
Челпанов А.В. 489
Червяков В.И. 559
Черкунов М.А. 76
Черницын А.Е. 583
Чернодед А.И. 286
Черноморский А.И. 259, 280
Чернышов М.В. 140, 357, 371
Чернышова Ю.В. 506
Чеховская К.Д. 287
Чечет И.В. 123, 143
Чжи П.Л. 189
Чигинева Ю.В. 673
Чубиков В.Н. 391
Чуксина О.В. 560
Чулков М.В. 77
Чумагина Ю.И. 289
Чумакова Е.В. 291
Чэнь Болунь 153
Ш

Шавелкин Д.С. 76
Шакин А.Д. 583, 635
Шалин А.В. 525
Шаповалов Н.А. 292
Шараха Н.А. 322
Шаройко Е.А. 679
Шаронов А.В. 294
Шаталин А.А. 528
Шейпак О.А. 577
Шелагурова М.С. 398
Шеметовец А.А. 155
Шемонаева Е.С. 368
Шестаков И.Н. 216
Шибаев В.М. 55, 79, 210
Шилова А.А. 156
Широков А.А. 400
Шишкин А.В. 80
Шкурин М.В. 81
Шляпцева А.Д. 530
Шмаков В.В. 531
Шнайдер М.В. 295
Шомов А.И. 42, 49, 83
Шушков А.В. 328
Щ

Щеглова Д.Е. 622
Щербаков А.И. 84
Щербань А.И. 158
Щербачев Т.А. 309
Щиголев А.А. 124
Щур П.А. 501, 532
Э

Эйниев Эльчин 336
Эррера Харамильо 296
Эспиноса Барсенас 440
Эспиноса Барсенас 296
Ю

Юдин В.Н. 304
Юй Вэйцзе 372
Юрков А.Д. 298
Юстус А.А. 46
Я

Ягудин Т.Г. 519
Яковлев А.А. 134, 159
Яковлева А.А. 473
Ямщиков П.Б. 299
Яновская М.Л. 124
Яримака В.В. 704
Ярыгин Н.С. 382
Ясенцев Д.А. 316
Ясько Е.Ю. 178
Яшина Н.П. 474

20-я Международная конференция
«Авиация и космонавтика»
Тезисы

20th International Conference
“Aviation and Cosmonautics”
(AviaSpace-2021)
Abstracts

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105
Тел.: +7 495 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 06.12.2021.
Объем 9,43 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 1102.

Организатор I Organizer

Контакты | Contacts
125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4
Volokolamskoe shosse, 4, Moscow, 125993
aviacosmos@gmail.com
aik.mai.ru