17-я Международная конференция
«Авиация и космонавтика – 2018»

17th International Conference
“Aviation and Cosmonautics – 2018”

Тезисы
Abstracts

Москва, МАИ
19 – 23 ноября 2018 г.
Moscow, MAI
19 – 23 November, 2018

ISBN 978-5-6041283-3-6
УДК 629.7
ББК 94.3 39.52 39.62

17-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2018». 19–23 ноября 2018 года. Москва. Тезисы. – Типография «Люксор», 2018. – 740 с.

17th International Conference “Aviation and Cosmonautics – 2018”. 19–23 November, 2018. Moscow. Abstracts. – Printing house “Luxor”, 2018. – 740 p.

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

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

Конференция проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 18-08-20149 Г).

The Conference is supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant 18-08-20149 G).

Соорганизатором конференции выступил Массачусетский технологический институт.

Co-organizer of the Conference is Massachusetts Institute of Technology.

© Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет), 2018
© Moscow Aviation Institute
(National Research University), 2018

Организатор

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Организационный комитет

Равикович Ю.А. – проректор по научной работе МАИ, председатель
Шемяков А.О. – проректор по стратегическому развитию, заместитель председателя
Алифанов О.М. – заведующий кафедрой №601 «Космические системы и ракетостроение»
Беспалов А.В. – директор Института материаловедения и технологий материалов МАИ
Ефремов А.В. – декан факультета «Авиационная техника» МАИ
Кирдяшкин В.В. – директор Института «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информационная безопасность» МАИ
Крылов С.С. – декан факультета «Информационные технологии и прикладная математика» МАИ
Монахова В.П. – директор Института «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки» МАИ
Новиков С.В. – и.о. директора Института инженерной экономики и гуманитарных наук МАИ
Следков Ю.Г. – директор Института «Системы управления, информатика и электроэнергетика» МАИ — руководитель направления «Системы управления, информатика и электроэнергетика»
Тихонов К.М. – декан факультета «Робототехнические и интеллектуальные системы» МАИ
Лунёва Н.С. – учёный секретарь

Программный комитет

Равикович Ю.А. – проректор по научной работе МАИ, председатель
Шемяков А.О. – проректор по стратегическому развитию, заместитель председателя
Веремеенко К.К. – начальник научно-исследовательского отделения факультета «Системы управления, информатика и электроэнергетика» МАИ
Ефремов А.В. – декан факультета «Авиационная техника» МАИ
Заговорчев В.А. – начальник научно-исследовательского отделения Аэрокосмического факультета МАИ
Захаров И.В. – начальник научно-исследовательского отделения факультета «Робототехнические и интеллектуальные системы» МАИ
Кирдяшкин В.В. – директор Института «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информационная безопасность» МАИ
Крылов С.С. – декан факультета «Информационные технологии и прикладная математика» МАИ
Новиков С.В. – и.о. директора Института инженерной экономики и гуманитарных наук МАИ
Федосеев С.Ю. – старший преподаватель кафедры №202 «Ракетные двигатели» МАИ

Organizer

Moscow Aviation Institute (National Research University)

Organizing Committee

Ravikovich Yu.A. – MAI Vice-rector for scientific affairs, Chairman
Shemiakov A.O. – MAI Vice-rector for strategy development, Deputy Chairman
Alifanov O.M. – Head of the MAI department №601 “Space Systems and Rocket Engineering”
Bespalov A.V. – Director of the MAI Institute of the Material Science and Technology
Efremov A.V. – Dean of the MAI faculty “Aeronautical Engineering”
Kirdyashkin V.V. – Director of the MAI Institute “Radioelectronics, Infocommunications and Information Security”
Krylov S.S. – Dean of the MAI faculty “Information Technology and Applied Mathematics”
Monakhova V.P. – Director of the MAI Institute “Aviation and Rocket Engines and Power Installations”
Novikov S.V. – Deputy Director of the MAI Institute of Engineering Economics and Humanities
Sledkov Yu.G. – Director of the MAI Institute “Control Systems, Informatics and Electroenergetics”
Tikhonov K.M. – Dean of the MAI faculty “Robotic and Intelligent Systems”
Luneva N.S. – Scientific secretary

Program Committee

Ravikovich Yu.A. – MAI Vice-rector for scientific affairs, Chairman
Shemiakov A.O. – MAI Vice-rector for strategy development, Deputy Chairman
Efremov A.V. – Dean of the MAI faculty “Aeronautical Engineering”
Fedoseev S.Yu. – Senior lecturer of the MAI department “Rocket Engines”
Kirdyashkin V.V. – Director of the MAI Institute “Radioelectronics, Infocommunications and Information Security”
Krylov S.S. – Dean of the MAI faculty “Information Technology and Applied Mathematics”
Novikov S.V. – Deputy Director of the MAI Institute of Engineering Economics and Humanities
Veremeenko K.K. – Head of the R&D Department of the MAI Institute “Control systems, Informatics and Electroenergetics”
Zagovorchev V.A. – Head of the R&D Department of the MAI Institute “Astronautical and Rocket Engineering”
Zakharov I.V. – Head of the R&D Department of the MAI faculty “Robotic and Intelligent Systems”

Уважаемые коллеги!

Рад приветствовать вас в числе участников Международной конференции «Авиация и космонавтика». Это крупное научное мероприятие стало традиционным и крайне важным событием в календаре специалистов авиационно-космической отрасли неслучайно. Суть двух неразрывно связанных друг с другом сфер авиации и космонавтики, их отличительная особенность — в постоянной динамике. Именно качественные и количественные изменения, внедрение новых подходов, научных, технологических, производственных решений позволяют авиакосмической отрасли становиться локомотивом промышленных скачков.

Однако любая отрасль — это, прежде всего, образ собирательный. За её взлётами и успехами, за результатами, возможностью совершенствоваться стоят способные высококвалифицированные специалисты, настоящие лидеры и личности, которые хорошо знают отрасль изнутри, понимают её потребности и решают задачи любой сложности, закладывая основы стратегического научно-технического развития России. Этот опыт, знания и компетенции на своей площадке призвана объединить и аккумулировать Международная конференция «Авиация и космонавтика». Здесь лицом к лицу встретятся не только специалисты, но и передовые разработки, научные достижения и наработки, которые в дальнейшем позволят авиакосмической отрасли гармонично и стремительно развиваться.

Убеждён, что наша совместная работа будет способствовать решению поставленных задач по созданию условий для формирования глобального лидерства, а также реализации долгосрочных программ развития высокотехнологичного производства. Желаю всем участникам и гостям конференции активной и плодотворной работы, внедрения новых идей и решений!

Председатель Оргкомитета,
проректор МАИ по научной работе,
Ю.А. Равикович

Dear colleagues!

I am glad to welcome you among the participants of the International Conference “Aviation and Cosmonautics”. It is no coincidence that this scientific event has become a traditional and important event in the calendar of the aerospace industry specialists. The essence of the two spheres of aviation and cosmonautics, inextricably bound up with each other, their distinctive feature is in constant dynamics. These are qualitative and quantitative changes: implementation of new approaches, scientific, technological, and production solutions which enable the aerospace industry to become the engine of industrial leaps.

However, any industry is a collective image. Behind its ups and successes, behind the results, the opportunity to improve, there are talented highly qualified specialists, real leaders and personalities who know the industry well from the inside, understand its needs and solve problems of any complexity, laying the foundations for strategic scientific and technological development of Russia. The International Conference “Aviation and Cosmonautics” is intended to unite and accumulate this experience, knowledge and competence on its site. Here, not only specialists, but also advanced developments, scientific achievements and theoretical advances, that will further enable the aerospace industry to harmoniously and rapidly develop, will meet face to face.

I am convinced that our joint work will contribute to support the objectives to create conditions for the formation of global leadership, as well as the implementation of long-term programs for the development of high-tech production. I wish all participants and guests of the conference active and fruitful work, the introduction of new ideas and solutions!

Chairman of the Organizing Committee,
MAI Vice-rector for scientific affairs,
Yury Ravikovich

Оглавление

1. АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ 11

2. АВИАЦИОННЫЕ, РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ 59

3. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ИНФОРМАТИКА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА 125

4. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВИАЦИОННЫХ, РАКЕТНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 244

5. РАКЕТНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ 280

6. РОБОТОТЕХНИКА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АВИАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ 368

7. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ 417

8. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ 488

9. ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ПРЕДПРИЯТИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 547

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 725

Contents

1. AVIATION SYSTEMS 11

2. AVIATION AND ROCKET ENGINES AND POWER INSTALLATIONS 59

3. CONTROL SYSTEMS, INFORMATICS AND POWER ENGINEERING 125

4. INFORMATION AND TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY OF AVIATION, ROCKET AND SPACE SYSTEMS 244

5. ROCKET AND SPACE SYSTEMS 280

6. ROBOTICS, INTELLIGENT SYSTEMS AND AIRCRAFT ARMAMENT 368

7. MATHEMATICAL METHODS IN AEROSPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY 417

8. NEW MATERIALS AND PRODUCTION TECHNOLOGY IN THE FIELD OF AVIATION, ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY 488

9. ECONOMICS AND MANAGEMENT AT ENTERPRISES OF AEROSPACE COMPLEX 547

INDEX 725

1. Авиационные системы

1. Aviation Systems

Разработка складного фюзеляжа и крыльев лёгкого самолёта

Абызов А.К.
МАИ, г. Москва

Разработка складных двухколенчатых крыльев и хвостовой части фюзеляжа легкомоторного самолёта для оптимизации пространства в целях экономической выгоды.

Легкая авиация развивается бурно и находит широкое применение во многих сферах жизнедеятельности человека. Чтобы получить большой спрос среди населения среднего уровня достатка, лёгкий самолёт должен быть прост в обслуживании и хранении, эффективен и доступен по цене.

На данный момент существуют модели сверхлёгких самолётов, максимально компактных размеров для удобства хранения, но дальность полёта и максимальный взлётный вес таких ЛА очень малы. Если же рассматривать полноценные двух- и четырёхместные самолёты, то появляется проблема их дорогостоящего хранения и обслуживания, что в свою очередь так же крайне негативно влияет на спрос.

Целью работы является модификация лёгкого самолёта для частного использования. Она заключается в конструкции складных двухколенчатых крыльев и откидной хвостовой части фюзеляжа. Такой самолёт будет возможно хранить в автомобильном гараже без затрат на аренду ангара на аэродроме. Так же его будет возможно беспрепятственно транспортировать на ближайшую взлётную полосу и осуществлять перелёты. Механизм складывания требует мощных узловых соединений на стыке, в связи с этим в работе изложен ряд конструкторских решений по осуществлению безопасно складывающихся крыльев с минимальным ущербом для целевой нагрузки самолёта.

В результате работы предложен способ повысить спрос лёгкой авиации среди населения среднего класса, создана концептуальная модель модифицированного самолёта, произведены расчёты конструкции на прочность.

The folding wings and aft part of fuselage

Abyzov A.K.
MAI, Moscow

Light aviation developing rapidly and have a heavy use in many spheres of human life. A light aircraft should be easy to maintain and store, efficient and affordable to get a great demand across the population with average prosperity.

There are easy storable compact models of ultra-light aircrafts but their flight range and maximum take-off payload are very small. Considering full-size two - seat and four-seat aircraft there is a problem of costly storage and maintenance of such airplanes and it has a very negative effect on demand.

An aim of this research is to modify the airplane for inexpensive private use. It consists in creation of up-and-back folding wings and up-folding aft part of fuselage. Such airplane can be stored in a common automobile garage without the costly renting a hangar at the airport. It will be also possible to freely transport this airplane to the nearest take-off strip. The folding mechanism requires powerful nodal connections at the junctions. Thereby a number of up-and-back wings design solutions that makes a minimal damage to the take-off payload and construction weight are proposed.

As a result, a method of increasing the demand for light aviation across the population with average prosperity has been proposed, the conceptual model of a modified airplane was created, structural analysis was made. Such a plane will be available for purchase and use by a larger number of people then now.

Технология глушения звукового удара

Альшаалан М.И.
МАИ, г. Москва

Задачи данного проекта:

Создание нового и более эффективного сверхзвукового пассажирского/транспортного самолета (СПС) необходимо для дальнейшего развития авиации. Использование длинного и тонкого фюзеляжа наряду с другими структурными дополнениями позволит уменьшить интенсивность звуковых ударов. Эффективность и защита окружающей среды являются главной задачей современной транспортной отрасли в мире.

Цели данного проекта:

• Сокращение времени полета за счет сверхзвуковых полетов;

• Возможность взять лидерство в новом классе сверхзвуковых пассажирских и военных самолетов;

• Разработка и создание самолета с приемлемыми характеристиками звукового удара для будущих гражданских и военных сверхзвуковых полетов;

• Приобретения данных о звуковых ударах, которые подтвердят целесообразность проектирования СПС с длинным носом и улучшат понимание эффектов звукового удара на атмосферу;

• Демонстрационная модель СПС будет производить небольшой звуковой удар, подходящий под требования регламента;

MUST технология скрытности;

Существует два разных способа создания невидимости для самолетов MUST:

• Самолет может быть сформирован так, чтобы любые отраженные от него сигналы радара отражались от радиолокационного оборудования;

• Самолет может быть покрыт материалами, поглощающими радиолокационные сигналы;

Углеродное нанотрубное покрытие действует как «волшебная черная ткань», которая скрывает трехмерную геометрию объекта и делает ее похожей на плоский черный лист. 70-микронное покрытие, или углеродный нанотрубный ковер, составляет примерно половину толщины листа бумаги. Он поглощает 99,9% света, который попадает на него.

Мы могли бы использовать его, чтобы полностью скрыть любые 3D-атрибуты объекта. Это не маскировка, поскольку объект все равно может отбрасывать тень. Но если вы поместите объект на черный фон, то с этим покрытием он действительно станет невидимым.

MUST проектные характеристики:

• Поверхностные материалы, которые поглощают сигналы, преобразуют их в тепло;

• Гладкие поверхности с бесшовными соединениями для предотвращения отражения радаром;

• Расширенные края, сформированные для рассеивания входящих волн;

• Двигатели, скрытые в теле крыла;

• Выхлопные каналы, расположенные поверх MUST самолета, чтобы уменьшить тепловой путь;

• Зазубренные задние края для рассеивания сигналов;

Muffling Supersonic Technology (MUST)

Alshaalan M.I.
MAI, Moscow

“The idea is to design a multi-task plane used for Civil/Military purposes, so that the "Shockwave" that are produced in a supersonic flight is arranged in such a way that you do not have a boom”.

MUST project objective:

The production of a new and more efficient SST will be necessary in order to continue the world’s forward movement through aviation. The use of a long and slender fuselage along with

other structural additions will decrease the intensity of sonic booms. Efficiency and environmental protection is the main concern of the modern aircraft design.

MUST project goals:

• Supersonic flight over the ground allows for a great reduction in travel time;

• An opportunity for flying first ensures that Russian industry has the lead in tools and technologies needed;

MUST project features:

• Extended, long clean and slender area matching nose shape forward shock;

• Fixed V-shaped "Canard" to reduce the main load on the wing and better to control the main air wing;

• Avionics Systems XVS/EFVS. XVS refers to any of several methods to provide the pilot of an aircraft with a means to see outside the aircraft where traditional windscreens may not be feasible due to the aircraft configuration;

• Small unitized composite skin for reduce production cost and resist the boost;

• Shield wing consists of: protective cover layer, elastomer cord and bond ply consists of pipe inflation to eliminate the pollution entry for signature;

• 2 x P&W F119 or 2 x AL-41 engines, characterized by possibility of access to a non-perforated supersonic, which will have a positive effect on fuel economy. The propulsion system will be located at the bottom of the tail of the fuselage;

• Split-tip, resembling a 3 way hybrid between a winglet, wingtip fence and raked wingtip to improve the efficiency of rigid by reducing drag;

• U-shaped empennage is acting as a shield to reduce external noise;

• Our planes do not use vertical tail, but V-shaped tail to provide higher stability in case of engine failure;

• Intelligent fuselage skin materials meaning load and make the aircraft lighter and drawn less and eliminate emissions;

• Coated of material that will make it indistinguishable for the night mode, this materials are perfectly absorbing the radar beams, neither reflect nor scatter the beams;

Стендовые исследования характеристик эжекторного актуатора, расположенного в отсеке модели крыла пассажирского самолета

[1]Арувелли А.В., [2]Варганов Д.И., [2]Петров А.С., [2]Судаков Г.Г.
[1]МАИ, г. Москва; [2]ЦАГИ, г. Жуковский

Управление обтеканием летательного аппарата (ЛА) – одна из современных инновационных областей аэрокосмической науки и техники. Настоящая работа связана с формированием научно-технического задела для улучшения аэродинамических характеристик самолетов гражданской авиации следующих поколений на основе инновационных разработок систем по управлению обтеканием ЛА, направленных на реализацию эффекта затягивания начала бафтинга на крыле магистрального самолета. При околозвуковых скоростях потока взаимодействие скачка уплотнения, замыкающего местную сверхзвуковую зону, с пограничным слоем на верхней поверхности крыла магистрального самолета при больших числах Маха и углах атаки ведет к появлению отрыва потока и возникновению трансзвукового бафтинга. Этих эффектов можно избежать, используя пассивные или активные методы управления обтеканием. Активное управление обтеканием летательного аппарата может осуществляться с помощью так называемых актуаторов. В общем случае актуатором называют устройство, преобразующее один из видов энергии (электрическую, магнитную, тепловую, химическую, акустическую и т.д.) в другую, чаще всего - в механическую, что приводит к выполнению определенного желаемого воздействия на систему в целом.

В практической аэродинамике актуаторы используются для управления обтеканием тел с целью его перестройки в благоприятном направлении – ликвидации отрыва потока и увеличения подъемной силы, сдвига положения ЛТП, уменьшение интенсивности скачка уплотнения, устранения бафтинга и т.п.

Так как все актуаторы требуют затрат какого-то вида энергии, то их использование можно отнести к активным (энергетическим) методам управления обтеканием тел. Главная задача актуатора состоит в том, чтобы малыми энергетическими воздействиями в чувствительной зоне течения вызвать глобальную перестройку обтекания в лучшую сторону.

Benchmark studies of the characteristics of the ejector actuator located in the compartment of the model of the wing of a passenger aircraft

[1]Aruvelli A.V., [2]Varganov D.I., [2]Petrov A.S., [2]Sudakov G.G.
[1]MAI, Moscow; [2]TsAGI, Zhukovsky

Air flow control (LA) is one of the modern innovative fields of aerospace science and technology. The present work is connected with the formation of a scientific and technical reserve for improving the aerodynamic characteristics of civil aviation aircraft of the next generation on the basis of innovative developments in airflow control systems aimed at realizing the effect of tightening the beginning of the bufting on the wing of the main aircraft. At transonic flow velocities, the interaction of the shock wave, which closes the local supersonic zone, with the boundary layer on the upper surface of the wing of the main aircraft, with large Mach numbers and angles of attack, leads to the appearance of a flow separation and the appearance of transonic bufting. These effects can be avoided using passive or active flow control methods. Active control of the aircraft's flow can be carried out with the help of so-called actuators. In general, an actuator is a device that converts one of the types of energy (electrical, magnetic, thermal, chemical, acoustic, etc.) into another, most often into a mechanical one, which leads to a certain desired effect on the system as a whole.

In practical aerodynamics, actuators are used to control the flow around bodies in order to rebuild it in a favorable direction - eliminating the flow separation and increasing the lift, shifting the position of the LTP, reducing the shock wave, eliminating the buffeting, and so on. Since all actuators require the costs of some kind of energy, their use can be attributed to the active (energy) methods of controlling the flow around bodies. The main task of the actuator is to cause a small amount of energy in the sensitive zone of the flow to cause a global overhaul of the flow for the better.

Исследование нестационарных полей давления в следе за стреловидным крылом с использованием многоканальных средств измерения давления

Бирюков Г.В., Забродин А.В., Слитинская А.Ю., Пестриков С.И.
ЦАГИ, г. Жуковский

В докладе приводятся результаты исследований с использованием перспективных средств измерения, выполненных на модели стреловидного крыла в АДТ Т-103 ЦАГИ. Рассматривается ближний след за механизированным крылом при малых дозвуковых скоростях (V=50 м/с) в широком диапазоне углов атаки. Нестационарные характеристики потока в ближнем следе за крылом полезны при решении таких задач как: выявление зон отрыва потока в сечениях крыла, определение расположенных в пространстве над отклоненным закрылком зон заторможенного потока или возвратного течения, оценка нестационарных аэродинамических нагрузок, действующих на оперение, а также для проведения валидации численных методов расчета нестационарных течений. В данной работе изучение характеристик потока проводится при помощи гребенки приемников статических и динамических давлений со встроенными миниатюрными преобразователями давления и измерительной аппаратурой сбора и регистрации данных. В результате получены амплитудно-частотные спектры полного давления, среднеквадратические значения (СКО) этих параметров, величины потери осредненного по времени скоростного напора в области следа. Приводится сравнение различных методов исследования с диапазоном до частот f=500 Гц. Анализируются полученные нестационарные характеристики. В следе спектр значений полного давления носит широкополосный характер. Показано, что на границах следа значение СКО полного

давления возрастает, что хорошо согласуется с повышением амплитуд пульсаций давления. Рассмотрено влияние отклонения механизации задней кромки на изменение эпюры распределения давления в следе при разных расстояниях от задней кромки крыла.

Investigation of non-stationary pressure fields in the wake of the swept wing using multi-channel pressure measuring devices

Biryukov G.V., Zabrodin A.V., Slitinskaya A.Yu., Pestrikov S.I.
TsAGI, Zhukovsky

In the report results of researches with use of perspective means of the measurement executed on model of a swept wing in tunnels T-103 TsAGI are resulted. The short track behind the mechanized wing is considered at low subsonic velocities (V = 50 m / s) over a wide range of angles of attack. Non-stationary flow characteristics in the near wake behind the wing are useful in solving such problems as: detection of flow separation zones in the wing sections, determination of the zones of the blocked flow or return flow located in the space above the deflected flap, estimation of non-stationary aerodynamic loads acting on the tail, validation of numerical methods for calculating unsteady flows. In this paper, the study of flow characteristics is carried out using a comb of static and dynamic pressure receivers with built-in miniaturized pressure transducers and measuring equipment for data collection and recording. As a result, we obtained the amplitude-frequency spectra of the total pressure, the rms values of these parameters, and the loss of the time-averaged velocity head in the region of the track. A comparison of different methods of investigation with a range up to frequencies f = 500 Hz, is given. The obtained non-stationary characteristics are analyzed. In the trace, the spectrum of the total pressure values is broadband. It is shown that at the boundaries of the track the value of the RMS of the total pressure increases, which agrees well with the increase in the amplitude of the pressure pulsations. The influence of the deviation of the mechanization of the trailing edge on the variation of the pressure distribution pattern in the wake at different distances from the trailing edge wing.

Создание опытно-экспериментального испытательного стенда для изучения тяги воздушных винтов БПЛА в критических климатических условиях

Болохов И.О., Лепехин Г.Н., Добровольский С.В.
МАИ, г. Москва

В современном мире огромное распространение получили беспилотные летательные аппараты, такие как дроны, квадрокоптеры, трикоптеры и так далее. Примечательно то, что их используются во многих сферах жизни, как гражданской, так и военной.

Большинство таких аппаратов используют для привода воздушного винта (ВВ) электродвигатель. Соответственно, время работы этих ЛА напрямую зависит от емкости бортовых источников питания. Значит для увеличения одной из главных характеристик ЛА — времени полёта, необходимы приборы, которые бы определяли энергетические и тяговые характеристики силовых малоразмерных ЛА.

Одно из таких устройств — экспериментальный стенд, позволяющий измерять

- Тягу винтомоторной группы в диапазоне от 0,1 до 5 кг
- Потребляемый ток в диапазоне от 30А
- Напряжение аккумуляторной батареи до 25В
- Число оборотов воздушного винта

Испытательный стенд состоит из неподвижной рамы с направляющими, на которых установлена система чувствительных датчиков и винтомоторная группа. Тензодатчик с аналого-цифровым преобразователем позволяет измерять силу тяги, которую развивает винтомоторная группа (ВМГ).

Устройство помещается в особую климатическую камеру для создания подходящих критический температурных условий.

Силу тока в данной цепи измеряет датчик GY-712, датчик оборотов YL-63 (FC-51) фиксирует число оборотов винта. Напряжение источника бортового питания измеряется датчиком Voltage Sensor VCC 25V.

Дифференциальные уравнения в цепи управления вычисляют электрическую мощность, которую потребляет силовая установка, с помощью полученных сигналах о напряжении и токе.

Данные с датчиков передаются на компьютер, где далее могут быть обработаны в удобном для чтения формате.

Данное устройство позволит определить наилучшие комбинации воздушных винтов и источников питания для успешной работы устройства в критических климатических условиях.

Creation of a pilot test stand for studying the thrust of UAV propellers in critical climatic conditions

Bolokhov I.O., Lepekhin G.N., Dobrovolsky S.V.
MAI, Moscow

In the modern world, unmanned aerial vehicles such as drones, quadrocopters, tricopters and so on have become very popular. It is noteworthy that they are used in many spheres of life, both civil and military.

Most of these devices use an electric motor to drive the propeller (DP). Accordingly, the operating time of these aircraft is directly dependent on the capacity of the onboard power supplies. This means that to increase one of the main characteristics of the aircraft, the flight time, the necessary instruments, which determine the energy and traction characteristics of power small-size aircraft.

One such device is an experimental stand that allows measuring

• Draft of propeller motor group in the range from 0.1 to 5 kg
• Current consumption in the range from 30A
• Battery voltage up to 25V
• Number of revolutions of the propeller

The test bench consists of a fixed frame with guides, on which a system of sensitive sensors and a screw-motor group are installed. Strain gauge with an analog-to-digital converter allows to measure the traction force, develops a screw-motor group (SMG).

The device is placed in a special climatic chamber to create suitable critical temperature conditions.

The current in this circuit is measured by the GY-712 sensor, the YL-63 (FC-51) speed sensor detects the number of revolutions of the screw. The voltage of the onboard power supply is measured by a sensor. The voltage sensor is VCC 25V.

The differential equations in the control circuit calculate the electrical power, which makes it possible to use the power plant, using the appropriate voltage and current signals.

Data with the sensors are transferred to the computer, where they can be further processed in an easy-to-read format.

To ensure the successful operation of devices in critical climatic conditions.

Уточненная теория расчета напряженно-деформированного состояния подкрепленных шпангоутами цилиндрических оболочек

Во А.Х., Фирсанов В.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время расчеты тонкостенных элементов конструкций типа пластин и оболочек базируются на результатах классической теории типа Кирхгофа — Лява, Тимошенко – Рейсснера. Принятые в этой теории гипотезы не позволяют учитывать поперечные деформации, что приводит к погрешностям при определении напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек, особенно в зоне его искажения (вблизи соединений и стыков элементов конструкций, а также локального нагружения).

Целью данной работы являются построение уточненной математической модели деформирования подкрепленных шпангоутами цилиндрических оболочек и разработка метода расчета их напряженно-деформированного состояния.

Применяемый в этой работе подход, основанный на разложении перемещений оболочки в полиномиальные ряды по нормальной координате на один порядок выше по отношению к классической теории.

Предполагается, что шпангоуты достаточно узкие, поэтому область сопряжения шпангоута с обшивкой можно моделировать линией. С помощью дельта-функции Дирака построена расчетная схема оболочки с учетом дискретности шпангоутов.

На основании геометрических и физических соотношений трехмерной теории упругости и условия минимума функционала полной энергии деформации оболочки получены уравнения равновесия и краевые условия.

Система дифференциальных уравнений краевой задачи решена аналитическим методом с использованием преобразования Лапласа. Расчет проводится в среде Maple.

Полученные результаты могут быть применены при проектировании и оценке прочности авиационных подкрепленных оболочек.

A refined theory of calculation of stress-strain state of ring-stiffened cylindrical shells

Vo Anh H.H., Firsanov V.V.
MAI, Moscow

Currently, calculations of thin-walled structural elements such as plates and shells are based on the results of the classical theory such as Kirchhoff — Love, Timoshenko – Reissner. The hypotheses adopted in this theory do not allow for take into account transverse deformations, which leads to errors in determining the stress-strain state of plates and shells, especially in the zone of its distortion (near joints and joints of structural elements, as well as local loading).

The aim of this work is to construct an improved mathematical model of deformation of ring-stiffened cylindrical shells and to develop a method for calculating their stress-strain state.

The approach used in this paper is based on the expansion of shell displacements into polynomial series in the normal coordinate by one order higher with respect to the classical theory.

It is assumed that the frames are rather narrow, so the area of conjugation of the frame with the skin can be modeled by a line. With the aid of the Dirac Delta function, a computational scheme of the shell is constructed, taking into account the discreteness of the frames.

Based on the geometric and physical relationships of the three-dimensional elasticity theory and the principle of minimum total potential energy, the equilibrium equations and boundary conditions are obtained.

The system of differential equations of the boundary value problem is solved by an analytical method using the Laplace transform. The calculation is carried out in the Maple environment.

The obtained results can be applied in the design and evaluation of the strength of aviation reinforced shells.

Аналитический обзор методов расчёта и экспериментальных исследований прочности конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов

Гавва Л.М., Лисейцев Н.К., Стрелец Д.Ю.
МАИ, г. Москва

Решение новой задачи проектирования – проектирование под заданную стоимость – возможно при объединении моделей высокой точности с современными компьютерными технологиями. Перспективное направление исследований – проектирование композитных конструкций с учётом технологии изготовления, когда технологический процесс принимается во внимание на этапе разработки изделия. Эффективность применения композиционных материалов в несущих конструкциях определяется степенью совершенства методов расчёта и технологии изготовления изделия. Реализация

системного подхода к расчёту и изготовлению опытных образцов авиационной техники из современных композиционных материалов является ключевым вопросом в обеспечении качества продукции в аэрокосмической отрасли.

Проанализированы различные подходы к исследованию термосилового напряжённо-деформированного состояния и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов, рассмотренные в работах представителей ведущих отечественных и зарубежных научных школ, в основном, - за период с 2000 г. по настоящее время.

Дана классификация математических моделей, аналитических методов расчёта, численных методов расчёта, результатов экспериментальных исследований.

Рассматриваются статические задачи и задачи устойчивости для плоской прямоугольной многослойной панели из полимерных композиционных материалов, обшивка которой эксцентрично подкреплена продольно-поперечным набором, и для плоской прямоугольной гладкой панели, обладающей анизотропией вследствие несимметрии свойств структуры пакета по толщине. Панели находится в температурном поле под действием погонной поперечной нагрузки, а также погонной нагрузки, приложенной к кромкам в плоскости обшивки. Условия закрепления граничных кромок произвольны.

Analytical review of calculation methods and experimental studies of the strength of structural anisotropic panels made of composite materials

Gavva L.M., Liseytsev N.K., Strelets D.Yu.
MAI, Moscow

New design problem – design to cost – is possible to be solved when high exact models and modern computer technologies are combined. Aircraft composite structure design in view of production technology is the outlook research trend. The application of system quality approach for the account and manufacturing of aircraft design outlook specimen made from modern composite materials is the main aspect for quality assurance for airspace industry products.

The different approaches have been analyzed to investigate thermal and force stress-strain state and buckling of structurally-anisotropic panels made from composite materials. One considered Russian and foreign scientific schools researches from 2000 year to present time mainly.

The classification of mathematical models, analytical account methods, numerical account methods, testing results is presented.

The paper discusses the stress-strain state and buckling problems of flat rectangular multiplied panel made of composite materials, the skin of which an eccentrically supported by the longitudinal-transverse stiffening set. We also consider flat rectangular panel being anisotropic due to non-symmetric package structure along the thickness. The panels are subjected to arbitrarily distributed transverse loading in the stationary temperature field and to distributed loading applied to the edges in skin plane. Boundary conditions at the contour are assumed to be of quite general type.

Исследование шумового воздействия в районе АО «МАШ»

Доренская В.И.
МАИ, г. Москва

Авиационный комплекс вносит немалый вклад в неблагоприятное изменение окружающей природной среды. Но особенность состоит в том, что его нельзя изолировать от мест обитания людей и чем выше плотность населения, тем потребность в авиационном транспорте больше.

Шумовой дискомфорт приводит к расстройству практически всех органов человека. Антропогенный шум обладает аккумулятивным эффектом, то есть акустическое раздражение накапливается в организме и сильно угнетает ЦНС. Особенно страдают органы слуха человека от антропогенного шума, так естественный шумовой фон

составляет 20-30 дБ, а допустимая граница составляет приблизительно 80 дБ. Воздействие техногенного шума сопровождается всегда повреждениями слухового анализатора, которое проявляется медленно прогрессирующим снижением слуха. У разных людей серьезные повреждения возникают по - разному: у одних в первые минуты воздействия, а у других – потеря слуха развивается постепенно.

Из литературных источников известно, что при воздействии акустических колебаний с интенсивностью от 80 до 135 дБ на человека более суток, наблюдается понижение слуха. Процесс нервно-психических заболеваний выше среди лиц, работающих в повышенных шумовых условиях, по сравнению с гражданами, работающими в нормальных звуковых условиях. Техногенный шум может быть источником гипертонии, и это заболевание широко распространено в последнее время. Это воздействие всегда возникает как при взлетах транспортных самолетов, так и при посадке. Было установлено, что степень воздействия технического шума в районе аэродрома Шереметьево определяется следующими факторами:

Во-первых, это интенсивность полетов воздушных судов.

Во-вторых, типами эксплуатируемых самолетов и их акустическими показателями.

В-третьих, расположением близлежащих населенных пунктов относительно взлётно-посадочных полос.

Результаты измерений около различных терминалов аэропорта показали, что за период наблюдения, наибольшим уровнем шума характеризовался грузовой терминал Карго и терминал В (что связано было с ремонтно-дорожными работами). Интенсивность техногенного шума превышала нормативы и составляла от 99 до 111 дБ. Интенсивность шума по периметру аэропорта зависела как от мест наблюдения, так и от расстояния и соответствовала ГОСТу 22283-88. «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы измерения».

Study of noise impact in the area of JSC “MASH”

Dorenskaya V.I.
MAI, Moscow

Aviation complex makes a significant contribution to the adverse changes in the environment. But the peculiarity is that it can not be isolated from human habitats and the higher the population density, the need for air transport more.

Noise discomfort leads to a disorder of almost all human organs, anthropogenic noise has an accumulative effect, that is, acoustic irritation accumulates in the body and strongly inhibits the Central nervous system. Especially affected by human hearing from anthropogenic noise, so the natural background noise is 20-30 dB, and the permissible limit is approximately 80 dB. The impact of man-made noise is always accompanied by damage to the auditory analyzer, which is manifested by a slowly progressive decrease in hearing. Different people have serious injuries in different ways: some in the first minutes of exposure, and others – hearing loss develops gradually.

From literature sources it is known that under the influence of acoustic oscillations with intensity from 80 to 135db per person for more than a day, there is a decrease in hearing. The process of neuropsychiatric diseases is higher among persons working in high noise conditions than among citizens working in normal sound conditions. Technogenic noise can be a source of hypertension, and this disease is widespread in recent years. This effect always occurs as in the UPS cargo planes, and landing. It was found that the degree of impact of technical noise in the area of Sheremetyevo airport is determined by the following factors:

First, it is the intensity of aircraft flights.

Secondly, the types of aircraft operated and their acoustic performance.

Third, the location of nearby settlements relative to runways.

The results of the measurements about the various terminals of the airport showed that during the observation period, the highest noise level was characterized by the cargo terminal, cargo, and terminal (which were connected with the repair and road works). The intensity of

anthropogenic noise exceeded the standards and ranged from 99 to 111 db. The intensity of the noise at the perimeter of the airport depended both on the place of observation, and from a distance and correspond to GOST 22283-88. "Noise aviation. Permissible noise levels in residential areas and methods of measurement".

Возможности непосредственного управления (НУПС) подъёмной силой в посадочном режиме

Дхиман Гаурав
МАИ, г. Москва

Классические самолеты (с моментным управлением угла атаки) продольная реакция на пилотное воздействие в основном зависит от режимов короткого периодического движения (демпфирование, период). По мере увеличения инерции воздушного судна, короткое время движения становится неизбежно медленнее в реакции на отклонение руля высоты. Это вызывает больший требование к вниманию пилота особенно во время захода на посадку, где требуется точного отслеживать параметры полета, особенно с медленной реакцией тангажа.

Одним из возможных решений является использование непосредственного управления подъемной силой (НУПС). В работе исследуется применение НУПС, его эффективность для снижения требований к вниманию пилота.

НУПС предоставляет прямое средство для генерирования подъемной силы с незначительным влиянием на устойчивость. Это устраняет ограничения, вызванные связью отношения и полета Управление траекторией. Это приводит к новым уникальным режимам полета самолетов.

Первоначально НУПС был исследован в короткопериодическим движении с прямой и обратной связями. Во втором этапе была учтена динамика привода в короткопериодическом движении. На заключительном этапе, НУПС был исследован в длиннопериодическом движении при заходе на посадку, результаты были сопоставлены с обычным продольным управлением. При низких скоростях нестабильность, очевидная в случае классического управления тангажом, что устраняется с применением НУПС. Для малых скоростей, НУПС обеспечивает расширенную область управляемости самолетов для пилотов.

The potentialities of Direct Lift Control (DLC) in landing task

Dhiman Gaurav
MAI, Moscow

Conventional aircraft’s (with rear elevator control) longitudinal response to pilot control mainly depends on short period modes of motion (damping, period). As an aircraft’s pitching inertia increases, the short period motion becomes inevitably slower and so the response to elevator. This trend makes a greater demand on pilot’s anticipation especially during approach and landing where the requirements for precise controls coincide, with the slowest pitch response usually.

One of the possible solutions is the use of Direct Lift Control (DLC). In this report we research the use of DLC, its effectiveness to decrease the demands on pilot’s anticipation.

The 'Direct Lift Control' (DLC) provides a direct means for producing forces with small influence on the moment equilibrium. This removes the limitations caused by the coupling of attitude and flight path control. This results in new unique modes of aircraft motion.

Initially DLC was evaluated for short period motion with open loop and closed loops. In the second phase, actuator dynamics were taken into account for short period motion. In the final phase, DLC was evaluated for long period motion for landing, results were compared with that of the conventional longitudinal response. At low speeds the instability evident in case of normal pitch control, had disappeared when DLC was used. For low speeds, DLC provided a larger envelope for pilot controllability of aircraft.

Модификация критерия выбора пилотажных характеристик, базирующегося на параметрах системы самолет-летчик

Ефремов Е.В.
МАИ, г. Москва

Настоящая работа посвящена разработке критерия выбора пилотажных характеристик, который базируется на параметрах системы самолет-летчик, и оценке вероятности предсказания уровня пилотажных характеристик той или иной динамической конфигурации

В работе используются базы данных динамических конфигураций самолета по углу тангажа, представляющих из себя параметры передаточных функций и оценки летчиков по шкале Купера-Харпера, полученные в ходе летных экспериментов. Для анализа использовались те конфигурации, для которых было выполнено более одного эксперимента и все оценки принадлежат одному конкретному уровню пилотажных характеристик.

Для анализа использовался критерий МАИ, параметрами которого являются резонансный пик замкнутой амплитудной характеристики системы самолет-летчик и параметр, определяющий загрузку летчика – максимальная разность фазовых характеристик летчика при управлении текущим объектом и при управлении идеальным объектом.

Исследования проводились путем математического моделирования системы самолет-летчик с использованием разработанной авторами модификации модели действий летчика. Результаты математического моделирования показали, что таким образом вероятность предсказания принадлежности динамической конфигурации к своему уровню резко снижается, поэтому была предложена модификацию критерия МАИ. Суть этой модификации заключается в замене одного параметра данного критерия – величины резонансного пика на полосу пропускания замкнутой системы самолет-летчик. В этом случае вероятность правильного предсказания составляет 88 %, вероятность попадания в область первого уровня 72 %, во второй –93%, в третий – 94 %.

Modification of the criterion for choice of flying characteristics based on the parameters of the pilot-aircraft system

Efremov E.V.
MAI, Moscow

The present work is devoted to the development of a criterion for selecting flight characteristics, which is based on the parameters of the aircraft-pilot system, and to estimating the probability of predicting the level of flight characteristics of a particular dynamic configuration

The database uses dynamic pitch configuration data for the pitch angle, which represent the parameters of the transfer functions and the Cooper-Harper flyer scores obtained during the flight experiments. For the analysis, those configurations for which more than one experiment was performed and all estimates belong to one particular level of flight characteristics were used.

The analysis was based on the MAI criterion, the parameters of which are the resonance peak of the closed amplitude characteristic of the aircraft-pilot system and the parameter that determines the pilot's load-the maximum difference in the pilot's phase characteristics when controlling the current object and controlling the ideal object.

The researches were carried out by mathematical modeling of the pilot-aircraft system using the modification of the pilot's model of action developed by the authors. The results of mathematical modeling showed that in this way the probability of predicting the belonging of the dynamic configuration to its level is sharply reduced, therefore, a modification of the MAI criterion was proposed. The essence of this modification consists in replacing one parameter of this criterion - the magnitude of the resonance peak on the passband of the closed system of the airplane-pilot. In this case, the probability of correct prediction is 88%, the probability of falling into the first-level area is 72%, in the second -93%, in the third-94%.

Сверхманевренность как элемент завоевания превосходства в воздухе в воздушном бою

Желонкин М.В., Желнин В.Н., Желонкин В.И., Ткаченко О.И.
МАИ, г. Москва

Основным свойством истребителя с отклоняемым вектором тяги на режимах сверхманевренности является его способность, за счет выхода на большие углы атаки, применить оружие при таких углах пеленга цели, при которых обычный истребитель сделать этого не может. За счет использования сверхманевренности в ближнем бою достигается опережение в пуске ракеты, что фактически предопределяет исход боя. Однако применение данного режима приводит к потере скорости, что лишает истребитель возможности эффективно маневрировать в пространстве. Это обстоятельство может иметь опасные последствия для него со стороны атакованного им, в том случае если ракета по какой-либо причине не достигла своей цели. Поэтому важным является применение режимов сверхманевренности тогда, когда их использование позволяет достичь максимальной эффективности и безопасности, а негативные последствия, вызванные потерей скорости, могут быть скомпенсированы в дальнейшем правильными действиями лётчика.

Применение режимов сверхманевренности при правильном выборе условий обеспечивает опережение в пуске ракеты, однако это не гарантирует однозначной «победы». В том случае, если достигаемое опережение в пуске больше времени полёта ракеты, тогда реализуется вариант, при котором вероятность поражения противника будет зависеть только от вероятности поражения ракеты. Этот вариант является наиболее оптимальным. Однако вероятность поражения ракеты не является стопроцентной, и потому важно предусмотреть ситуации, при которых воздушный бой продолжится. Возможна ситуация, когда опережение в пуске меньше времени полёта ракеты. В этом случае возможно «взаимное» поражение противников. Следует заметить, что даже малейшее опережение в пуске ракеты определяет психологический фактор, при котором может возникнуть ситуация, при которой противник попытается совершить противоракетный маневр, успех которого также не является однозначным.

Supermaneuverability as an element of a conquest of the superiority in short-range air combat

Zhelonkin M.V., Zhelnin V.N., Zhelonkin V.I., Tkachenko O.I.
MAI, Moscow

Key property of a fighter with turned down thrust vector on supermaneuverability regimes is its ability, at the expense of an output large-angle attacks, to use weapons at such angles of a target bearing at which a normal fighter make it cannot. At the expense of supermaneuverability usage in short-range to battle the advance in a missile launching is attained that actually predetermines an issue of the combat. However application of the given regime leads to stall that deprives a capability fighter effectively to maneuver in space. These are condition can have dangerous aftereffects for it from attacked by it, in that case if the rocket for any reason has not achieved the object. Therefore application of regimes of supermaneuverability is important when their usage allows to attain peak efficiency and safety, and the negative aftereffects caused by stall, can be compensated further the correct acts of the pilot.

Application of regimes of supermaneuverability at the correct choice of conditions supplies an advance in a missile launching, however it does not secure unequivocal "victory". In the event that the attained advance in launch is more than rocket flight time then the version at which the kill probability of the opponent will depend only on a rocket kill probability is implemented. This version is the optimal. However the rocket kills probability is not absolute and consequently it is important to envision situations at which air battle will proceed. The situation when the advance in launch is less than rocket flight time is possible. In this case "mutual" defeat of opponents is possible. It is necessary to note, what even the slightest advance in a missile launching

determines the psychological factor at which there can be a situation at which the opponent will try to make the anti-missile manoeuvre which success also is not unequivocal.

Разработка математической модели для исследования влияния ошибок пилота на изменение траекторных параметров при выполнении пикирования на самолёте ЯК-55М

Иед Каисс
МАИ, г. Москва

Изучение статистики летных происшествий со спортивными самолетами показывает, что чаще всего катастрофы и аварии с серьезными последствиями происходят на авиашоу, однако в действующих нормах летной годности отсутствуют четкие условия и методика проверки характеристик при выполнении пилотажа на спортивных самолетах. Между тем, безопасность выполнения отдельных фигур зависит не только от высоты и скорости при начале их выполнения, но и от характера управления - темпа и диапазона изменения положения органов управления.

В этом докладе описаны результаты исследования влияния ошибок пилота на изменение траекторных параметров, и рассчитаны изменения высоты, скорости полета и вертикальной перегрузки при изменении величины и темпа отклонения руля высоты.

К числу ошибок пилотирования, исследованных на математической модели самолета Як-55 относятся не только темп и диапазон отклонения руля, но и такие ошибки, как запаздывание дачи руля на выход из пикирования.

Для определения безопасной высоты начала выполнения маневра необходимо также определить вероятностные характеристики ошибок пилотирования. Создание функциональной зависимости, основанной на исследовании изменения высоты при наличии ошибок пилотирования с учетом вероятности возникновения этих ошибок, позволит обосновано и с заданной степенью вероятности определить безопасную высоту начала маневра.

В настоящей работе представлены результаты начальной стадии разработки методики определения требований к безопасности выполнения фигур высшего пилотажа на спортивном самолете.

Development of a mathematical model for investigating the effect of pilot errors on the change of trajectory parameters when performing a dive on an Yak-55M aircraft

Ied Kaiss
MAI, Moscow

Development of a mathematical model for investigating the effect of pilot errors on the change of trajectory parameters when performing a dive on an Yak-55M aircraft.

The study of the statistics of flight accidents with sports planes shows that most often catastrophes and accidents with serious consequences occur at the air show, however, in the current airworthiness standards, there are no clear conditions and procedures for checking the performance when performing aerobatics on sports aircraft. Meanwhile, the safety of individual figures depends not only on the height and speed at the beginning of their performance, but also on the Character of the tempo control and range of changes in the position of the controls.

This report describes the results of a study of the effect of pilot errors on the variation of trajectory parameters and calculates changes in altitude, flight speed and vertical overload when changing the value and rate of deviation of the Elevator.

The pilot errors investigated on the mathematical model of the Yak-55M include not only the speed and range of the Elevator, but also such errors as the delay of the deviation of the Elevator to the exit from the dive.

To determine the safe height of the start of the maneuver, it is also necessary to determine the probabilistic characteristics of piloting errors. The creation of a functional dependence based on the study of altitude change in the presence of piloting errors, taking into account the

probability of occurrence of these errors, will be justified and with a predetermined degree of probability to determine the safe height of the beginning of the maneuver.

In the present, paper the results of the initial stage of development of the methodology for determining the safety requirements for performing acrobatics on a sports aircraft.

Разработка алгоритмов реконфигурации системы управления и ее интеграции с прогнозным дисплеем при снижении потребных скоростей отклонения рулевых поверхностей

Иргалеев И.Х.
МАИ, г. Москва

Современная авиационная техника характеризуется высокой степенью автоматизации, позволяющей повысить качество и безопасность пилотирования самолета. Уменьшение статической устойчивости, характерное для самолетов, создаваемых уже более 45 лет, требует значительного увеличения коэффициентов обратной связи системы управления для обеспечения необходимых пилотажных характеристик, что может повлечь достижение максимальных скоростей отклонения управляющих поверхностей и вызвать в системе развитие неустойчивых процессов. Для подавления развития неустойчивых процессов, в тракт управления современных самолетов устанавливают нелинейные префильтры, позволяющие избежать «неустойчивости в большом», однако они ухудшают динамические свойства самолета, увеличивая фазовое запаздывание в тракте управления. В этой связи, возникает задача поиска таких средств сопряжения действий летчика и ограниченных возможностей системы управления, при использовании которых не происходит достижение ограничений системы управления, а также значительной деградации пилотажных свойств самолета в штатных и нештатных условиях выполнения задач точного пилотирования.

В настоящей работе проблема снижения потребных скоростей отклонения рулевых поверхностей решается путем реконфигурации законов системы управления, при резком изменении максимальной скорости отклонения управляющих поверхностей, и ее интеграции с дисплеем прогнозируемого траекторного движения. Экспериментальные исследования проводились на пилотажном стенде МАИ, обладающем высокими техническими характеристиками и позволяющем решать широкий спектр задач исследований. Изменения коэффициентов обратных связей, приводящие к трансформации линейной динамики, позволяют добиться повышения точности отслеживания ошибки примерно в 1.4 раза. Одновременная реконфигурация системы отображения информации и системы управления позволяет дополнительно увеличить точность отслеживания программной траектории на 34% по сравнению со случаем, когда реконфигурировалась лишь система полуавтоматического управления.

Таким образом, исследования показали, что при малых величинах максимальных скоростей отклонения управляющих поверхностей, интеграция системы управления с дисплеем позволяет выполнить задачу пилотирования достаточно эффективно. При этом также обеспечивается устойчивый процесс пилотирования, хотя и с несколько худшей точностью, по сравнению с большими значениями максимальных скоростей отклонения управляющих поверхностей.

Development of algorithms for integration and reconfiguration of flight control system and interfaces in the case of low maximum elevator rate limit

Irgaleev I.H.
MAI, Moscow

The modern aircraft are characterized by the high level of augmentation allowed to increase the accuracy and flight safety. The decrease of the longitudinal static margin, which is typical for the aircraft developed more than 45 years requires the considerable increase of feedback signal coefficients in flight control system for provision of necessary flying qualities. It can case the reaching of the rate limit and cause the instable process. For suppression of such unstable process

there are installed nonlinear prefilters in flight control system, allowed to avoid the “gross instability”. However the nonlinear prefilters deteriorate the aircraft handling qualities increasing the time delay in controlled element dynamics. Because of the task of the search the means for the conjunction of pilot actions and flight control system limited potentialities which using provides the requirements that the rate limits were not reached and the flying qualities were not degraded considerably in normal and abnormal condition of precise tracking task execution. The simultaneous realization of manual and automatic control is the way for the increase in the tracking performance task. The integration of the both types of control is considered below for the case when the predictive display is used for the manual control with the predictive path angle harmonized with the automatic control law. The results of mathematical modeling were verified on MAI fixed-based simulator equipped with stereoscopic computer generated visual system with wide angle of view. The ground-based simulation demonstrates that the revised predictive law allows suppressing the effect by decreasing of rate limit. It was shown that the sudden decrease of the rate limit requires the reduction of the gain coefficients and prediction time constant in equation for the predictive path angle. The simultaneous change of these parameters provided the stable flight even for the fourfold decrease of the rate limit. The integration of the automatic and manual control was investigated in the case when the developed law for the predictive path angle was used in automatic system. The ground-based simulations demonstrated that such way for the harmonization of the types of control allows increasing the task performance considerably.

Определение оптимального угла установки лопастей несущего винта вертолёта, находящегося на стоянке, при статическом воздействии ветра

Каргаев М.В.
МАИ, г. Москва

Важным природным фактором, сопутствующим эксплуатации вертолётной техники, является ветер. Модуль и направление скорости ветра представляют собой стохастические величины. Однако рассмотрение всего многообразия случаев обдува лопастей несущего винта, оказывается возможным заменить всего несколькими предельными случаями. Параметрами, характеризующими нагруженность лопасти при ветровом воздействии, являются значения скоростей ветра, соответствующие точке пересечения зависимостей изгибающего момента в самом нагруженном сечении лопасти с предельными уровнями изгибающих моментов: предельный момент по условию прочности лонжерона лопасти, предельный момент по условию взмаха лопасти над упором горизонтального шарнира.

Значения скоростей ветра, соответствующих моменту достижения того или иного предельного состояния, изменяются в зависимости от направления обдува лопасти и угла установки характерного сечения лопасти. Интерес представляют минимальные значения этих скоростей при наиболее неблагоприятных (критических) направлениях обдува для заданного угла установки характерного сечения.

В работе приведены зависимости критических углов скольжения и соответствующих им значений предельных по условию прочности скоростей ветра, а также зависимости предельных скоростей по условию отсутствия взмаха, в зависимости от угла установки характерного сечения для режимов обдувки с передней и задней кромок. Проанализирован ход этих зависимостей в исследованном диапазоне углов установки характерного сечения. Предельные по условию прочности скорости пересекаются в точке, абсцисса которой определяет значение оптимального угла установки. При этом критический угол скольжения составляет -45˚, а предельная скорость имеет одинаковые значения как для режима обдува с передней кромки, так и с задней кромки. Расчётные зависимости предельных скоростей ветра по условию отсутствия взмаха лопасти над упором горизонтального шарнира, при приближении углов установки к оптимальному неограниченно возрастают.

Поскольку интерес представляют условия нагружения лопасти в системе несущего винта вертолёта, на котором при любом направлении воздействия ветра всегда имеются

лопасти, обдуваемые как с передней, так и с задней кромок, то при установке характерного сечения лопастей на угол равный оптимальному диапазон безопасных скоростей для несущего винта в целом будет наибольшим. Это позволяет рекомендовать при стоянке вертолёта устанавливать угол общего шага на угол равный оптимальному.

Determination of the optimal angle of the helicopter's rotor blades installation, which is parked and statically impacted by the wind

Kargaev M.V.
MAI, Moscow

Wind is the main natural factor, which follows the helicopters exploitation. The module and wind velocity vector are stochastic quantities. However, diversity of the wind blowing events can be substituted only by few certain cases. Parameters which characterizes a blades load under the wind influence is the wind velocity values that matches the intersection point of the bending moment dependence at the most loaded section of the blade with the limited levels of the bending moments: critical moment of the longeron strength condition, critical moment of a blade swing above a horizontal joint stop condition.

The wind velocity values that match the moment of one or another limit state achievement vary by the direction that wind blows a blade and the installation angle of the blade characteristic section. The interest represented by minimal values of these velocities in case of most adverse (critical) directions of a wind blowing for the setted installation angle of the blade characteristic section.

The work presents dependence between critical gliding angles and relevant values of limited wind velocities by the strength condition and functions of the limited velocities by the condition of the absence of a sweep that depends by the installation angle of a characteristic section for the blowing from leading edge and trailing edge modes. Those dependence processes in researched range of the installation angle of characteristic section has been analyzed. Velocities that limited by the strength condition are crossing at point where its abscissa determines a value of an optimal installation angle. Simultaneously the critical gliding angle amounts -45° and the limited velocity has the same values for the blowing from leading and trailing edges. The calculated dependences of the limiting wind velocities on the condition of the absence of a sweep of the blade above the horizontal joint, when the angles of the installation approach the optimal one, increase limitless.

Since that the interest is represented by the blade loading conditions in main rotor system of a helicopter, which always has blades blowed by the wind in different directions on both leading and trailing edges, means that the range of a safe velocities for the whole main rotor will be greater in case of setting the blade characteristic section for an optimal angle.

Выбор оптимального времени прогнозирования при использовании прогноза качки в законах стабилизации оптической системы посадки

[1]Ковтун С.А., [2]Ткаченко О.И.
[1]МФТИ, г. Долгопрудный; [2]ЦАГИ, г. Жуковский

При посадке самолета на авианосец, одним из вариантов повышения точности и безопасности посадки, является использование прогноза качки корабля. Прогнозируемое положение расчетной точки касания может быть введено в законы управления блоком указательных огней ОСП в качестве дополнительного сигнала, что позволяет корректировать задаваемую ОСП глиссаду в процессе сближения самолета с авианесущим кораблем. Ранее, в ЦАГИ был проведен ряд исследований, включающих полунатурное моделирование задачи посадки на корабль на пилотажном стенде ПС-10М, которые показали высокую эффективность введения прогноза в законы стабилизации ОСП [1].

При использовании прогноза качки в алгоритмах управления блоком указательных огней ОСП необходимо оптимизировать ряд параметров, в числе которых одним из важнейших является время прогнозирования t*. В рассматриваемой задаче, поскольку прогноз включается во время полета по глиссаде, t* имеет смысл интервала времени от момента включения прогноза до касания самолета палубы. В выполненной ранее работе

[1], параметр t* выбирался эмпирически, из условия минимизации продольного среднеквадратического отклонения от расчетной точки касания самолетом палубы.

Для исследования зависимости качества посадки от времени включения прогноза t*, в ЦАГИ, на пилотажном стенде ПС -10М проведен эксперимент. Было выполнено 6 серий испытаний для различных значений параметра t* из диапазона от 0 до 15 секунд, при этом вычисление статистических характеристик точности посадки выполнялось по выборке объема 20.

По результатам выполненного эксперимента установлена сходимость продольного СКО при качке к продольному СКО при отсутствии качки с увеличением времени прогноза, определен оптимальный диапазон значений t*.

Литература:

1. С.А. Ковтун, О.И. Ткаченко. Использование прогноза качки при ручной посадке самолета на корабль. // Материалы XXIX научно технической конференции по аэродинамике. 2018, стр. 137.

Choosing of the optimal forecast time for using the ship motion prediction in stabilization algorithms of the optical landing system

[1]Kovtun S.A., [2]Tkachenko O.I.

[1]MIPT, Dolgoprudny; [2]TsAGI, Zhukovsky

One of the possible methods to improve the safety and the accuracy of the landing of an aircraft on the aircraft carrier is using of the ship motion prediction. The predicted position of the calculated landing point can be included in control algorithms of the pointing lights unit of the optical landing system (OLS) as an additional signal that allows correcting glide path formed by OLS in the process of approaching of the aircraft to an aircraft carrier. Earlier, a number of studies were carried out at TsAGI, including a semi-real simulation of the landing task on the PS-10M flight simulator, which showed the high efficiency of using the ship motion forecast in the OLS stabilization laws [1].

When using the ship motion forecast in control algorithms of the pointing lights unit, the range of the parameters need to be optimized among which one of the most important is the prediction time t*. In the considered issue, since the forecast is turn on during the flight on the glide path, t* makes sense a time interval from the moment when the forecast is turned on to the moment when the aircraft touch the carrier deck. In the earlier work [1], the parameter t* was chosen empirically from the condition for minimizing the longitudinal root-mean-square deviation (RMS) from the calculated landing point.

To study the dependence of the quality of landing on the time of inclusion of the ship motion forecast in TsAGI at the flight simulator PS-10M the experiment was conducted. Six series of tests were performed for various values of the parameter t* from the range from 0 to 15 seconds, while the calculation of the statistical characteristics of the accuracy of landing was performed from the sample of volume 20.

Based on the results of the experiment performed, the convergence of the longitudinal RMS during pitching to the longitudinal RMS in the absence of pitching with the increase in the forecast time was established, the optimal range of t* was determined.

References:

1. S.A. Kovtun, O.I. Tkachenko. Using of the ship motion prediction in manual landing of the aircraft on the aircraft carrier. // Proceedings of the XXIX Scientific and Technical Conference on Aerodynamics. TsAGI, 2018, p. 137.

Интегральный закон управления углом скольжения для магистрального самолёта

Козяйчев А.Н., Диденко Ю.И.

ЦАГИ, г. Жуковский

Современные магистральные самолёты оснащены комплексной системой управления (КСУ), которая позволяет реализовать большой набор функций управления, повышающих комфорт управления и безопасность полёта. В настоящее время на современных и

перспективных магистральных самолётах в алгоритмах КСУ присутствует сигнал угла скольжения, наличие которого позволяет, как расширить функциональный состав КСУ, а так же реализовать интегральный закон управления в канале руля направления. Переход на интегральные закон управления в канале руля направления позволяет:

• Обеспечить заданный градиент управляемости;

• Реализовать ограничение угла скольжения заданной величиной;

• Реализовать функцию автоматической балансировки в путевом канале управления.

В докладе рассмотрен синтез интегрального закона управления углом скольжения на примере перспективного магистрального самолёта. Представлены результаты расчётных исследований, в ходе которой показано, что:

• При управлении педалями самолёт отслеживает заданный угол скольжения с необходимой точностью. Заданный угол скольжения является функцией отклонения педалей;

• При отклонении педалей на максимальный ход самолёт выходит на заданный максимальный угол скольжения, который является функцией приборной скорости;

• При отказе двигателя и невмешательстве лётчика в управление самолёт выдерживает нулевой угол скольжения. Для сохранения направления движения необходимо вмешательство лётчика в управление;

• При выполнении взлётов эффективности путевого и поперечного управления достаточно для выполнения нормального, продолженного и прерванного взлёта с боковым ветром.

Так же в докладе представлены результаты предварительных стендовых исследований интегрального закона управления углом скольжения для перспективного магистрального самолёта. По результатам стендовых исследований получены комментарии и пожелания лётчиков, касающиеся работы интегрального закона управления углом скольжения.

Integral control law of sideslip angle for airliner

Kozyaychev A.N., Didenko Y.I.
TsAGI, Zhukovsky

Modern airliners are equipped with the fly-by-wire system (FBW system) which allows realizing a large set of the control functions increasing comfort of control and flight safety. Now at modern and perspective airliners at FBW system algorithms there is a signal of a sideslip which existence allows how to expand functional structure of FBW system, and to realize the integral control law in the rudder channel. Transition to the integral control law in the rudder channel allows:

• To provide the set controllability gradient;

• To realize sideslip limitation with the set value;

• To realize function of automatic trimming in the rudder control path.

In the report synthesis of the integral control law of a sideslip on the example of the perspective airliners is considered. Results of calculated researches during which it is shown that are provided:

• At pedal control the airliner traces the set sideslip with a necessary accuracy. The set sideslip is function of a pedal displacement;

• At pedal displacement on the maximum value the airliner attains to the set maximum sideslip which is function of indicated airspeed;

• At engine failure and without pilot control input the airliner holds a zero sideslip. Interference with airliner is necessary for saving of the flight path;

• At take-off of efficiency of yaw and roll control it is enough for normal, continued and aborted take-off with a cross wind.

Also results of preliminary simulator researches of the integral control law of a sideslip for the perspective airliner are presented in the report. By results of simulator researches comments and wishes of pilots concerning work of integral control law of a sideslip are received.

Влияние условий функционирования на конструктивно-компоновочный облик дистанционно-пилотируемого летательного аппарата типа «летающее крыло» большой дальности

Конюхов И.К., Гусейнов А.Б.
МАИ, г. Москва

В данной работе рассматриваются особенности компоновки многоцелевого дистанционно-пилотируемого летательного аппарата (ДПЛА) с межконтинентальной дальностью полёта. Аппарат такого класса характеризуется высоким весовым и аэродинамическим совершенством в сочетании с малой заметностью, что обусловило выбор аэродинамической схемы «летающее крыло» (ЛК). Присущая ей форма внутреннего пространства неблагоприятна для размещения крупногабаритных узлов, что в сочетании с малым диапазоном центровок накладывает существенные ограничения на компоновку летательного аппарата и непосредственно связывает её с формой крыла в плане. Определяющее влияние на компоновку оказывает специфика применения многоцелевого ДПЛА, диктующая требования к его лётно-техническим характеристикам: большую дальность и продолжительность полёта, низкую дозвуковую скорость, пониженную заметность, рабочий диапазон высот полёта от малых до стратосферы, взлётно-посадочные характеристики, обеспечивающие базирование на аэродромы класса Г. Исследовано влияние этих требований на располагаемые внутренние объёмы, плотность компоновки и диапазон центровок с учётом специфики ЛК (в частности, низкой эффективности механизации). Центральным элементом внутренней компоновки рассматриваемого ДПЛА, в связи с ярко выраженным многоцелевым характером его применения, является универсальный грузовой отсек, способный вмещать не только вооружение или транспортируемый груз, но и всё возможное узкоспециальное оборудование. Была рассмотрена номенклатура целевой нагрузки, предназначенной для выполнения всего спектра предполагаемых задач, определены критерии выбора грузоподъёмности аппарата и размеров грузового отсека. Рассмотрены особые случаи, в которых целевую нагрузку рационально размещать на узлах внешней подвески. Основываясь на исследованных факторах, сформирован конструктивно-компоновочный облик конкретного модельного многоцелевого ДПЛА.

Influence of operation conditions on the lay-out of long-range unmanned “flying wing”

Konyukhov I.K., Guseynov A.B.
MAI, Moscow

Factors defining the internal lay-out of long-range multi-role unmanned aerial vehicle (UAV) have been discussed in this study. UAV considering in this article must have a hight weight and aerodynamic performance and low observability, so “flying wing” aeronautical arrangement have used. Shape of interior space that inherent to this arrangement is not useful for accommodation of large-size aircraft elements. This in combination with small center of gravity (c.g.) range brings significant restrictions to internal lay-out that becomes directly connected with wing shape. Tactical and technical requirements that present to a large multi-role UAV (long range and flight endurance, relatively low subsonic speed, low observability, wide range of flight altitude and ability to take-off and landing on short runways) have a prevailing influence on its internal lay-out. Influence of these requirements to internal volume, accommodation density and c.g. range have been researched in this study with regard to character of “flying wing” arrangement, for example, a low efficiency of flaps. The main element of researching vehicle is the multi-purpose cargo bay which should contain not only weapon or transported cargo, but also all possible special equipment (for example, a set of devices for optical and electronic intelligence, surveillance and reconnaissance). Wide range of payloads intended for all expected tasks have been considered. Requirements for dimensions of payload bay and vehicle payload capacity have been defined. Specific cases when the payload is rational to external accommodation have been examined. Based on these factors, requirements and restrictions the

lay-out of certain multi-role low observable UAV with intercontinental flight range have been formed.

Оперативные зоны ожидания на маршруте полета

[1]Костишин М.О., [2]Маркелов В.В., [2]Шукалов А.В., [3]Жаринов О.О.
[1]ИТМО, [2]ОКБ «Электроавтоматика», [3]ГУАП, г. Санкт-Петербург

Рассматривается вариант построения оперативной зоны ожидания на маршруте, обеспечивающей устранение избытка времени при полете летательного аппарата по траекториям с контролем и выдерживанием времени прибытия в заданный пункт маршрута (четырехмерные траектории).

Оперативная зона ожидания на маршруте может быть сформирована относительно любого пункта маршрута при условии наличия характеристики воздушного пространства не ниже RNP1, что однозначно должно указывать на сход воздушного судна с маршрута при выполнении маневра ожидания. Дополнительным условием контроля безопасности полетов может являться разграничение воздушных судов по эшелонам.

В отличие от принятых норм и требований ИКАО к зонам ожидания района аэродрома, предлагаемая реализация зоны ожидания на маршруте не регламентируется точной привязкой траектории полета к ее проекции на земную поверхность. То есть в качестве основной концепции полета в данном случае принимается концепция свободного полета между выходом с воздушного коридора и возвращением в него. В качестве критериев реализации полета в зоне ожидания на маршруте предлагается точка схода с заданного маршрута, как правило, совпадающая с текущим пунктом маршрута, направление разворота и дистанция от данной точки, на которой воздушное судно возвращается на маршрут полета.

Варьируемым параметром является дистанция возврата на маршрут, величина которой обеспечивает устранение имеющегося избытка времени.

Приведен алгоритм формирования и реализации зоны ожидания на маршруте, включающий в себя определение дистанции выхода на маршрут полета от текущей навигационной точки, компенсирующей избыток времени при полете по четырехмерной траектории, а также генерацию управляющих сигналов заданного курса, крена при полете по заданной траектории. Данный алгоритм реализуется с учетом фактических параметров ветра и включает в себя формирование дуги разворота на исходную траекторию полета и траектории выхода на касательную к искомой дуге.

Предложенный вариант построения и реализации оперативных зон ожидания на маршруте может быть рекомендован для использования при реализации четырехмерных траекторий в целях устранения значительного избытка времени прибытия в заданные пункты маршрута.

The principle of formation of the expected zone during the aircraft flight

[1]Kostishin M.O., [2]Markelov V.V., [2]Shukalov A.V., [3]Zharinov O.O.
[1]ITMO, [2]Electroavtomatika, [3]SUAI, Saint-Petersburg

An option is given how to form operative zones of route expectation which helps to take away the time redundancy during the aircraft flight in the controlled trajectories and observation of the arrival time in the given end point of the route (4th trajectories).

Operative zone of route expectation can be formed according to any end point of route when the air space characteristics are not lower than RNP1 which surely shows that the aircraft is about to lose its route during the expectation maneuver completion. The additional conditions of the security flight control could aircraft division in echelons.

Unlike the accepted norms and requirements of IKAO (ИКАО in Russian) of the expectation zone in the aerodrome areas the proposed realization of the expectation zone in route is not controlled with the exact connection of flight trajectory to its projection on the earth surface. So in this case the primary flight conception is the free flight from the exit from the air corridor and return to it. As criteria to realize the flight in the expectation zone in route is proposed point of

the route losing which is normally is the same as the current point of the route, the direction of turning away and the distance from the given point in which the aircraft returns to the flight route.

The varying parameter is the distance of the route return value of which helps to take away the time redundancy.

The algorithm is given how to form and realize the expectation zones in route which include the definition of the exit distance to the flight route from the current navigation point which compensate the time redundancy during the flight in the 4th trajectory and also generation of controlling signals of the given course and flight careen from the given trajectories. This algorithm includes the current parameters of wind and also includes the arc of turning away in the initial trajectory and exit trajectory from the tangent to the necessary arc.

The given option of formation and realization of operative expectation zone in route can be recommended to apply in 4th trajectory to take away the significant time redundancy of the arrival in the given points of route.

Математическое моделирование посадки вертолета на мягкий грунт или снег

Кручинин М.М.
МВЗ им. М.Л. Миля, п. Томилино

В ходе эксплуатации вертолета, посадка в подавляющем большинстве случаев проходит в штатном режиме на подготовленную сухую, твердую поверхность. Однако в некоторых случаях, появляется необходимость совершить посадку на неподготовленную площадку – грунтовое поле, или бетон, покрытый снегом. Такая посадка при определенных условиях является не безопасной, приводящей к повреждениям вертолета и даже может служить причиной травмы пилотов и пассажиров. Поэтому задача оценки безопасных условий посадки на мягкий грунт или снег является актуальной в условиях эксплуатации вертолетов в нашей стране.

Исследования проводятся с помощью построенной ранее математической модели посадки вертолета. Используется упругая конечно-элементная модель планера вертолета Ми-38 с подключением моделей переднего и основных опор шасси. С помощью построенной модели проведены параметрические исследования динамики посадки вертолета с различными начальными условиями. Сила тяги несущего винта при этом считается известной.

В качестве критериев безопасности посадки взяты усилия на передней стойке шасси при посадочном ударе, деформации хвостовой балки при посадке, возникновение тенденции к заносу или опрокидыванию вертолета при посадке.

Данная работа продолжает начатые автором исследования динамических процессов, протекающих при посадке вертолета с помощью математического моделирования. При этом используются созданные ранее модели шасси вертолета Ми-38, уточненные по результатам сертификационных копровых испытаний.

В ходе исследования дана оценка влияния горизонтальной и вертикальной скорости при посадке вертолета, плотности грунта или снега и толщины покрова снега.

Показаны дальнейшие пути развития и уточнения разработанной математической модели.

Mathematical modeling of helicopter landing on soft ground or snow

Kruchinin M.M.
Mil Moscow Helicopter Plant, Tomilino

During the operation of the helicopter, landing in the overwhelming majority of cases takes place in a regular mode on the prepared dry, hard surface. However, in some cases, it becomes necessary to land on an unprepared site - a dirt field, or concrete covered with snow. Such a landing under certain conditions is not safe, resulting in damage to the helicopter, and may even cause injuries to pilots and passengers. Therefore, the task of assessing safe landing conditions on soft ground or snow is relevant in the operating conditions of helicopters in our country.

Studies are carried out using the previously constructed mathematical model of a helicopter landing. The elastic finite element model of the airframe of the Mi-38 helicopter with the connection of the models of the front and main landing gear is used. With the help of the constructed model, parametric studies of the dynamics of a helicopter landing with various initial conditions were carried out. The thrust of the rotor is considered known.

As landing safety criteria, efforts are used on the front landing gear, deformation of the tail boom during landing, the emergence of a tendency to skid or tilt the helicopter during landing.

This paper continues the study of dynamic processes initiated by the author when landing a helicopter using mathematical modeling. At the same time, the previously created models of the chassis of the Mi-38 helicopter are used, which are refined according to the results of certification drop tests.

The study assessed the influence of horizontal and vertical speeds when landing a helicopter, the density of the ground or snow and the thickness of the snow cover.

Further paths of development and refinement of the developed mathematical model are shown.

Оптимизация узла крепления лопасти вертолета из композиционных материалов с учетом условий долговечности

Ларионова А.А., Дудченко А.А.
МАИ, г. Москва

Лопасть несущего винта является главным агрегатом вертолета, которая определяет его летные характеристики. Конструкция лопасти зависит от комбинаций нагрузок, действующих на нее, а также сложности условий работы. Большие переменные нагрузки со значительным числом циклов изменения за время полета вертолета действуют на лопасть и вызывают усталостное разрушение лопасти. Чтобы увеличить ресурс лопасти, широко применяют в конструкции полимерные композиционные материалы.

Актуальность данной работы заключается в повышении усталостной долговечности лопасти за счет создания оптимального узла крепления типовой лопасти вертолета.

В процессе работы были получены формулы, которые позволяют оптимизировать распределение силовой нагрузки в узле крепления лопасти и тем самым повысить ресурс эксплуатации. Также была смоделирован узел крепления лопасти и проведен статический расчет прочности конструкции методом конечно-элементного анализа.

Проведен расчет усталостной долговечности материалов вертолетной лопасти и крепежа болтов. Расчет вертолетной лопасти показал, лопасть с болтами диаметром 8 мм имеет ресурс больший, чем лопасть с болтами диаметром 30 мм за счет уменьшения нагрузки каждого болта на материал лопасти. Меньший диаметр предпочтителен, так как это приводит к существенному уменьшению перерезания волокон, что увеличивает прочность материала конструкций и уменьшает концентрацию напряжений в районе отверстий.

В данной работе изложена методика расчета усталостной долговечности, благодаря которой можно повысить усталостную прочность лопасти несущего винта вертолета в связи со снижением концентраторов напряжений и увеличить ресурс.

Optimization of the attaching lug of the helicopter blade from composite materials considering the durability conditions

Larionova A.A., Dudchenko A.A.
MAI, Moscow

The main rotor blade is the main unit of the helicopter, which determines its flight characteristics. The design of the blade depends on the combinations of loads acting on it, as well as the complexity of the operating conditions. Large variable loads with a significant number of change cycles during the flight of the helicopter act on the blade and cause fatigue failure of the blade. To increase the resource of the blade, polymeric composite materials are widely used in the construction.

The relevance of this work is to increase the fatigue life of the blade due to the creation of an optimal attaching lug for a typical helicopter blade.

In the process of the work, formulas were obtained which make it possible to optimize the distribution of the power load in the blade attaching lug and thereby increase the service life. Also, the blade attaching lug was simulated and a static calculation of the strength of the structure was performed using the finite element analysis method.

Calculation of the fatigue life of the materials of the helicopter blade and bolt fastening has been performed. Calculation of the helicopter blade showed that a blade with bolts 8 mm in diameter has a greater resource than a blade with bolts with a diameter of 30 mm due to a decrease in the load of each bolt on the blade material. A smaller diameter is preferable, as this result in a significant reduction in fiber cutting, which increases the strength of the structural material and reduces the concentration of stresses in the vicinity of the holes.

In this paper, the methodology for calculating the fatigue life is presented, due to which it is possible to increase the fatigue strength of the rotor blade of the helicopter in connection with the reduction of stress concentrators and increase the life.

Оценка и сравнение транспортной и топливной эффективности тяжелых экранопланов класса в концепции «аэропорт-акватория-аэропорт». Оценка перспектив внедрения экранопланов в мировую транспортную систему

[1]Лучков А.Н., [1]Федерова И.Г., [2]Ермаков С.А.
[1]МАИ, г. Москва; [2]ВГУВТ, г. Нижний Новгород

В рамках данной работы важной задачей было исследование и сравнение с существующими грузовыми и пассажирскими самолетами транспортной и топливной эффективности экранопланов концепции «Аэропорт – акватория – аэропорт». Примером реализации такой концепции является проект сверхтяжелого экраноплана фирмы Boeing Pelican Ultra.

Исследование было разделено на 4 части:

1. Анализ мировой системы пассажирооборота и грузооборота;
2. Поиск возможных групп линий эксплуатации экранопланов;
3. Оценка и сравнение экономической и транспортной эффективности существующих гражданских и транспортных самолетов с экранопланами.
4. Оценка снижения себестоимости авиаперевозок;

Наиболее перспективными линиями эксплуатации данного типа воздушных судов являются группы линий, проходящих частично или полностью над водной гладью. По данным отчетов ИКАО на долю таких линий приходится до 50% международных грузовых и пассажирских авиаперевозок, что соответствует 0,5% и 9% грузового и пассажирского оборота в мировой транспортной системе соответственно.

В оценку и сравнение транспортной и экономической эффективности было включено более 70 грузовых и пассажирских самолетов. В качестве экранопланов принимались модификации самолетов, взятых для исследования. Модификация базовых версий ЛА включала в себя доработку аэродинамических обводов корпуса ЛА (увеличение аэродинамического качества в зоне действия экрана до 40 единиц) без изменения массовых характеристик конструкции, систем и силовой установки. Исследование показало, что при заданных граничных условиях прирост экономической и транспортной эффективности в среднем составляет 240% (снижение расходов топлива в среднем 2,4 раза) и 300% соответственно, массовая отдача увеличивается до 80%.

В настоящее время доля стоимости горюче-смазочных материалов от общей себестоимости авиаперевозок составляет в среднем 30-35%. При условии среднего снижения расходов топлива для экранопланов в 2,4 раза возможно получить среднее снижение эксплуатационных расходов на 17,5%.

Выводы: Тяжелые межконтинентальные экранопланы класса В, как средство доставки грузов и пассажиров, является перспективным транспортным средством главным образом за счет обеспечения высоких аэродинамических характеристик, обеспечение большей

части полета в зоне действия экрана, обеспечении самолетных весовых и геометрических характеристик корпуса, систем и силовой установки.

Assessment and comparison of transport and fuel efficiency of heavy class ekranoplanes in the concept of "airport-water area-airport". Assessment of the prospects of implementation of ekranoplanes in the world transport system

[1]Luchkov A.N., [1]Fedorova I.G., [2]Ermakov S.A.

[1]MAI, Moscow; [2]VSUWT, Nizhny Novgorod

Within the framework of this work, an important task was to investigate and compare the transport and fuel efficiency of the ekranoplans inside a concept "Airport-water area-airport" with the existing cargo-type airplane and the passenger airplane. An example of the implementation of this concept is the project of a super heavy ekranoplan Pelican Ultra by Boeing.

The research was divided into 4 parts:

1. Analysis of the world system of passenger turnover and cargo turnover;
2. Search for possible groups of operation lines for ekranoplans;
3. Assessment and comparison of economic and transport efficiency of existing civil and transport airplanes with ekranoplans.
4. Estimation of cost reduction of air transportation;

The most promising lines of operation for this type of airplanes are groups of lines running partially or completely above the water surface. According to ICAO reports, such lines account for up to 50% of international cargo-type and passenger air transport, which corresponds to 0.5% and 9% of cargo and passenger turnover in the world transport system, respectively.

More than 70 cargo and passenger airplanes were included in the assessment and comparison of transport and economic efficiency. For the research were taken the alternative airplanes constructions as an ekranoplans. The modification of the basic versions of the airplane included the improvement of the aerodynamic contours of the hull (an increase the aerodynamic quality in the screen area up to 40 units) without changing the mass characteristics of the structure, systems and power plant. The research showed the increase economics and transport efficiency on an average 240% (a decrease in fuel consumption on an average of 2.4 times) and 300% respectively, the mass return increases up to 80%, under the given boundary conditions

At present, the share of the cost of fuel and lubricants from the total cost of air transportation is on an average 30-35%. Given an average reduction in fuel consumption for ekranoplans 2.4 times, it is possible to obtain an average decrease in operating costs by 17.5%.

Conclusions: Heavy intercontinental ekranoplanes B class, as a means of delivery of cargo and passengers, is a promising transport mainly by providing high aerodynamic characteristics, providing the most part of the flight in the coverage area of the screen, providing airplane weight and geometric characteristics of the hull, systems and power plant.

Численное моделирование влияния геометрической компоновки несущего винта на эффективность его работы на режиме висения

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

МАИ, г. Москва

Эффективность работы несущего винта (НВ) вертолета на режиме висения очень важна, поскольку этот режим в значительной степени определяет летно-технические характеристики вертолета.

Особенностью аэродинамики НВ является значительное индуктивное влияние друг на друга его лопастей, в существенной мере определяющее его аэродинамические характеристики на большинстве режимов, в наибольшей степени на висении.

Рассмотрены вопросы влияния пространственной геометрической компоновки НВ на его аэродинамические характеристики на режиме висения для фиксированного значения заполнения. В качестве критерия эффективности работы винта на висении используется относительный коэффициент полезного действия (КПД).

Результаты получены методом численного моделирования на основе нелинейной лопастной вихревой модели винта, разработанной на кафедре «Проектирование вертолетов» МАИ. Модель позволяет учесть сложную пространственную форму свободного вихревого следа, отходящего от лопастей и определяющего их взаимовлияние.

На примере четырехлопастного НВ с прямоугольными в плане лопастями проведено исследование влияния величины крутки лопастей на относительный КПД. Для различных значений тяги винта определены значения и диапазоны углов крутки лопасти, обеспечивающие максимальный положительный эффект прироста КПД на висении. Для фиксированного значения крутки прямоугольной в плане лопасти, величины заполнения НВ, и одинаковых условий работы проведено исследование влияния различных схем и компоновок НВ на его КПД на висении. Рассмотрены одиночные НВ с различными количеством лопастей (от 2 до 6), Х-образный НВ, соосные НВ, НВ с перекрещивающимися лопастями типа «синхроптер». Получены значения прироста КПД на висении в зависимости от компоновки НВ по сравнению с базовым двухлопастным винтом. Представлен сравнительный анализ эпюр индуктивных скоростей и характера обтекания НВ схемы «синхроптер», НВ соосной схемы, и эквивалентного соосному НВ одиночного НВ.

Полученные результаты могут быть полезны на этапе предварительного проектирования вертикально взлетающих летательных аппаратов при выборе параметров их несущей системы.

Numerical simulation of the influence of the geometric layout of the helicopter rotor on the its efficiency in hovering mode

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

The efficiency of the helicopter main rotor (MR) in the hover mode is very important, because this mode essentially determines the performance characteristics of the helicopter.

A feature of the aerodynamics of helicopter rotor is a significant inductive blade influence that highly defines its aerodynamic characteristics at the most of regimes, especially in hover.

The problem of the influence of the blade twist and blades geometric layout of the main rotor (MR) on its aerodynamic characteristics in the hover mode for a fixed value of the rotor solidity has been considered. As a criterion of efficiency of the rotor in the hover mode relative efficiency (FoM - Figure of Merit) is used.

The results are obtained by numerical simulation based on the nonlinear vortex blade model of the rotor, developed at the "Helicopter Design" Department of the MAI. The model allows working with complicated spatial shape of the free vortical wake behind the rotor blades that determines of their inductive interaction.

At the example of a four-blade main rotor with rectangular blades in plan, the influence of the value of the blades twist on the efficiency on the hover mode is studied. For different values of the rotor thrust, the values and ranges of the blade twist angles are determined, providing the maximum positive effect of the efficiency increase on hovering. For a fixed value of the blade twist, the rotor solidity, and the same operating conditions, the effect of various schemes and configurations of rotor on its hovering efficiency is studied. A single rotor with a different number of blades (from 2 to 6), an X-shaped rotor, coaxial rotor and rotor with crossed blades type "synchropter" are considered. The values of the efficiency increase on hovering depending on the rotor layout in comparison with the two-blade rotor are obtained. There is presented comparative analysis of inductive velocities and streamlines for the "synchropter" rotor scheme, coaxial rotor scheme and its equivalent single rotor scheme.

The obtained results can be useful at the stage of preliminary design of vertically taking-off aircraft when selecting the parameters of their carrier system.

Выбор параметров облика беспилотного летательного аппарата с внешним энергоснабжением

Макурин Н.М., Болдырев А.В., Лукьянов О.Е., Куркин Е.И.
Самарский университет, г. Самара

Работа посвящена разработке методики концептуального проектирования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) вертолетного типа многовинтовой схемы с подведением эклектической энергии по кабелю от наземного источника. Специфика данного БПЛА заключается в необходимости беспрерывного подвода энергии с земли. Подобное техническое решение обуславливает ряд особенностей при его проектировании.

Задача выбора основных параметров облика БПЛА формулируется в терминах нелинейного математического программирования. В качестве варьируемых параметров рассмотрены удельная нагрузка на ометаемую площадь, количество воздушных винтов, количество лопастей воздушного винта, электрическое напряжение в кабеле. В роли ограничений выступили: максимальные габариты БПЛА, минимальная масса полезной нагрузки, а также минимальная длина кабеля. При этом предполагается возможность использования различных критериев и целевых функций в зависимости от назначения летательного аппарата и характера выполняемых задач. Особенностью рассматриваемой задачи оптимизации является ее многодисциплинарность, решение которой предлагается выполнять путем минимизации универсальных критериев-сверток. В роли подобного критерия в работе использована взлетная масса, вычисляемая с помощью уравнения баланса масс летательного аппарата. Выбор параметров БПЛА путем минимизации целевой функции, в роли которой выступает взлетная масса, позволяет достичь компромисса между весовым и энергетическим балансом. Так, входящие в целевую функцию масса силовой установки и масса электрокабеля определяются потребными энергозатратами. В то время как потребные затраты энергии зависят от взлетной массы аппарата.

Приводится численный пример выбора облика БПЛА небольшой размерности. Установлено, что несмотря на выигрыш по массе за счет отсутствия энергоносителя на борту, высотность данного летательного аппарата существенно ограничена из-за резко возрастающего электрического сопротивления кабеля и его массы, требующего существенного повышения электрического напряжения.

Parametrization of the concept of the drone with external power supply

Makurin N.M., Boldyrev A.V., Lukyanov O.Y., Kurkin E.I.
Samara University, Samara

The work is devoted to the development of method of conceptual design of multipropeller rotorcopters with the supply of electrical energy via cable from the ground power source. The specificity of this rotorcopter consists in the necessity of uninterrupted power supply from the ground. Such technical solution determines a number of features in its design.

The problem of choice of the main rotorcopter concept parameters is formulated in terms of nonlinear mathematical programming. The disk loading, the number of propellers, the number of propeller blades, and electrical voltage in the cable are considered as variable parameters. The maximum rotorcopter dimensions, the minimal payload mass, and the minimal length of the cable are the constraints. In this, possibility of using of various criteria and performance functions depending on purpose of the aircraft and the nature of the tasks performed is supposed. The feature of the proposed optimization problem is its multi-disciplinarity, which is offered to be solved by minimizing the generic criterions. The takeoff mass calculated by using the mass balance equation is used as such criterion. The choice of the rotorcopter parameters by minimizing the performance function, which is the takeoff mass, allows reaching a compromise between weight and energy balances. So, the powerplant mass and the electric cable mass including in the performance function are determined by the required energy consumption, whereas the required energy consumption depends on the takeoff mass of the aircraft.

A numerical example of the choice of the concept of a drone with small dimensions is given. It is found that despite weight advantage due to the lack of an energy source on board, altitude performance of this aircraft is limited because of the sharply increasing electrical resistance of the cable and its mass, which require a significant increase in electrical voltage.

Постановка задачи совместного выбора параметров аэродинамической компоновки самолета и его АСУ на основе векторного критерия

Маркевич П.Н.
МАИ, г. Москва

В работе сформулирована задачи совместного выбора параметров классической аэродинамической компоновки самолета и автоматизированной системы управления (АСУ) на основе векторного критерий с двумя компонентами - затрат топлива и времени полета.

Объектом является неманевренный самолет, обеспечивающий выполнение полетных задач с наименьшими затратами топлива и полетного времени. Изменение параметров аэродинамической компоновки (центровки и параметров ГО) приводит к изменению характеристик оптимальных режимов полета, что определяет необходимость включения их в решаемую задачу. В качестве оптимизируемых переменных оптимизации выбраны параметры аэродинамической компоновки самолета и системы улучшения устойчивости и управляемости (СУУ), а также законы управления на отдельных участках траектории (набора высоты, крейсерского полета и снижения).

В работе представлены задачи оптимизации профиля полета самолета на разных участках (взлет, крейсерский полет, снижение) в задачи оптимизации траектории полета на дальность. В качестве критерия выбора рассматривается векторный критерий, имеющий две компоненты: полетное время и массу расходуемого топлива. При решении многокритериальной задачи вводится понятие предпочтения. Для решения задачи принято построить область Парето с помощью свертки Гермейера. С целью определения оптимального решения на множестве Парето сводится многокритериальную задачу к однокритериальной задаче в виде стандартной задачи однокритериального математического программирования.

Statement of the problem of joint choice of parameters of fixed-wing aircraft configuration and its ACS on the basis of vector criterion

Markievich P.N.
MAI, Moscow

The tasks of the joint choice of parameters of the classical fixed-wing aircraft configuration of the aircraft and the automated control system (ACS) on the basis of the vector criterion with two components - fuel costs and flight time are formulated in the papers.

The object is a non-maneuverable aircraft, which provides performance of flight tasks with the lowest fuel cost and flight time. Changing the parameters of aircraft configuration (centre of gravity position and parameters of horizontal stabilizer) leads to a change in the characteristics of optimal flight modes, which determines the need to include them in the task. The parameters of aircraft configuration and systems of improvement of stability and controllability are selected as optimised optimization variables, as well as the control laws on the particular parts of the trajectory (set of altitude, cruising flight and descent).

The task of optimizing the flight profile of the aircraft on different segments (takeoff, cruising flight, descent) in the task of optimizing the flight trajectory to the range is presented in the paper. As a criterion of choice the vector criterion having two considered components: flight time and weight of fuel. In solving the multicriterion problem the concept of preference is introduced. To solve the problem it is assumed to build the Pareto area using Germejer’s convolution. In order to determine the optimal solution on the set Pareto is reduced multicriterion task to one criterion task in the form of a standard task one criterion mathematical programming.

Реализация наведения воздушного судна по времени в системе информационной поддержки экипажа

[1]Маркелов В.В., [2]Гурьянов А.В., [2]Шукалов А.В., [2]Костишин М.О.
[1]ИТМО, [2]ОКБ «Электроавтоматика», г. Санкт-Петербург

Рассматривается вариант реализации управления полетом по четырехмерным траекториям с функциональным разделением наведения по времени от контура управления полетом в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В данном случае формируемые параметры, обеспечивающие выдерживание заданного времени прибытия в пункты маршрута, носят рекомендательный характер и при необходимости используются экипажем для корректировки действующего плана полета. Что позволяет сохранить существующие процедуры и подходы к формированию управления полетом самолета по стандартным трехмерным траекториям и осуществить плавную адаптацию наведения по времени в штатную систему управления полетом.

Актуальность предлагаемого варианта обусловлена современными тенденциями, направленными на внедрение четырехмерных траекторий, позволяющих оперировать более полной информацией о движении воздушных судов во времени и пространстве.

Реализация наведения по времени базируется на прогнозе времени прибытия воздушного судна в заданные пункты маршрута с учетом текущих навигационно-пилотажных параметров и обновляемых параметров воздушной среды. Прогноз осуществляется путем моделирования полета по маршруту в соответствие с действующим планом. В качестве исходных данных модели используются аэродинамические характеристики воздушного судна, технические характеристики двигательной установки, а также регламентированные летные характеристики, включающие в себя действующие ограничения и параметры установившихся характерных режимов горизонтального полета, набора высоты и снижения.

По результатам моделирования и сравнения прогнозируемого и заданного времени прибытия в пункты маршрута осуществляется определение расчетного рубежа изменения режима полета на маршруте (набора или снижения скорости) с дискретностью, свойственной конкретному воздушному судну. В частности, до режима максимальной продолжительности полета или режима, соответствующего номинальному режиму работы двигателей. А также определяется рекомендуемая скорость от рубежа до контрольной точки.

Рубежи изменения режима полета и значения рекомендуемой скорости отображаются на бортовых пилотажно-навигационных индикаторах.

При невозможности выдерживания временного графика рассчитывается располагаемый временной интервал прибытия. Что является основанием для последующей корректировки времени прибытия или плана полета.

The principle of formation and displaying of targeting trajectory of an aircraft on the route of its flight

[1]Markelov V.V., [2]Guryanov A.V., [2]Shukalov A.S., [2]Kostishin M.O.
[1]ITMO, [2]IElectroavtomatika, Saint-Petersburg

An option is given how to realize the flight control in the 4th trajectories with functional division of targeting according the time from the flight control coil in the horizontal and vertical planes.

In this case the forming parameters which give the observation of the necessary time of arrival in two end points of the route are to recommend only and when necessary is used by the crew to correct the actual flight plan. Which make it possible to preserve the existing procedures and approaches to form the aircraft flight control according to the standard 3rd trajectories and make the non-shocking targeting adaptation according time in the state system of flight control.

The actuality of given option can be proved with modern tendencies which supposes the integration of 4th trajectory which helps to process more information about the aircraft transition in time and space.

The targeting on time is based on the time prognostication the aircraft arrival in the given destination route points keeping in mind the current navigation and piloting parameters and renewable parameters of the air environment. The prognostication is done by modernizing of flight route according to the given plan. As initial data for modelling they apply the aircraft aerodynamics, the aircraft engine technical characteristics and also the standardize flight characteristics which includes the current restrictions and parameters of the usable modes of horizontal flight like altitude gaining and descent procedure.

According to the modelling and comparison results of the prognosticated and given time of arrival in the route points is done by defining the calculation border of the flight mode changing in route (ascent or descent of speed) with a discrepancy for each particular aircraft. In particular the mode of maximum continuation flight or mode of the nominal engine work-out. And also they define the recommended speed from the border to the checkpoint.

The given recommendation help the aircraft crew preliminary calculate the possibility of observation of the flight condition according to the arrival time in the route points and also an analysis and necessary operative correction of the actual flight plan and flight parameters to observe the given 4th trajectories.

Состав аварийно спасательного оборудования самолета заправщика

Мезенцев С.Е., Силуянова М.В.
МАИ, г. Москва

На воздушных судах многофункционального назначения по причинам сложных метеоусловий, отказа систем, неграмотных действий экипажа возникают аварийные ситуации, происходят аварии и катастрофы. В связи с этим необходимо наличие на борту ВС аварийно спасательного оборудования.

Аварийно-спасательное оборудование (далее-АСО) предназначено для спасения жизни в и экипажа и личного состава при возникновения на самолёте аварийной обстановки, исключающей возможность дальнейшего продолжения полёта. АСО обеспечивает безопасность эвакуации из самолёта после вынужденной посадки на землю или на воду, защиту членов экипажа от воздействия дыма, а также тушение пожара в случае возникновения его в кабине и технических отсеках самолёта.

В состав аварийно-спасательного оборудования самолета ТЗ входят:

- Оборудование для аварийной эвакуации экипажа и личного состава из самолёта;
- Аварийно-спасательные плавательные средства и аварийные запасы;
- Аварийно-сигнальные средства;
- Аварийные топоры;
- Медицинские аптечки.

Аварийно-спасательное оборудование размещено на самолёте около аварийных дверей с учетом минимальных затрат времени на приведение его в рабочее положение и обеспечение быстрой эвакуации экипажа и боевого расчета.

В аварийной обстановке для защиты членов экипажа от дыма, для ликвидации очагов пожара входят дымозащитные кислородные маски, которые эксплуатируются совместно с переносными кислородными блоками.

Для аварийной эвакуации экипажа и личного состава из самолёта служат две аварийные двери (по двери на каждом борту). Аварийная дверь может работать в режимах аварийного и ручного открытия в зависимости от положения ручки селектора на двери. Двери открываются наружу.

На каждой аварийной двери имеется ремень для страховки при проведении спасательных и технических работ при открытых дверях.

В качестве вспомогательных аварийных выходов для эвакуации экипажа могут служить форточки кабины экипажа. При эвакуации из самолёта через форточки используются аварийно-спасательные канаты, хранящиеся в нишах над форточками.

Наличие указанного выше АСО в полном объеме обеспечивает процедуру аварийного покидания экипажа в случае аварийной ситуации и обеспечивает поддержание жизнедеятельности до прибытия спасательной команды.

Composition of emergency rescue equipment of the tanker aircraft

Mezentsev S.E., Siluyanova M.V.
MAI, Moscow

On multi-purpose aircraft for reasons of adverse weather conditions, system failure, illiterate actions of the crew there are emergencies, accidents and disasters. In this regard, it is necessary to have on Board the aircraft emergency rescue equipment.

Emergency rescue equipment (hereinafter-ASO) is designed to save the life of the crew and personnel in the event of an emergency situation on the aircraft, excluding the possibility of further continuation of the flight. ASO ensures the safety of evacuation from the aircraft after an emergency landing on the ground or on the water, protection of crew members from exposure to smoke, as well as fire extinguishing in case of its occurrence in the cockpit and technical compartments of the aircraft.

The structure of the rescue equipment of the aircraft TK includes:

• Equipment for emergency evacuation of the crew and personnel from the aircraft;
• Rescue swimming facilities and emergency supplies;
• Alarm means;
• Emergency axes;
• Medical kit.

Emergency rescue equipment is placed on the aircraft near the emergency doors, taking into account the minimum time spent on bringing it to the working position and ensuring the rapid evacuation of the crew and combat crew.

In an emergency to protect crew members from smoke, to eliminate fire sources include smoke-proof oxygen masks, which are operated in conjunction with portable oxygen units.

For emergency evacuation of the crew and personnel from the aircraft are two emergency doors C (door on each Board). The emergency door can operate in emergency and manual opening modes depending on the position of the selector knob on the door. Doors open to the outside.

On each emergency door there is a belt for insurance during rescue and technical works at open doors.

As a subsidiary of emergency exits for evacuation of the crew can serve as the vents of the cabin crew. When evacuating from the aircraft through the vents used rescue ropes stored in the niches above the vents.

The existence of the aforementioned ASO in full provides a procedure for the emergency evacuation of the crew in the event of an emergency and to maintain life until the arrival of rescue teams.

Система проектирования высокооборотных авиационных синхронных генераторов с электромагнитным возбуждением

Мусин С.М., Калий В.А.
Технодинамика, г. Москва

Синтез любой электрической машины основан на решении двух взаимосвязанных задач: определение геометрических размеров активной зоны и оценка функциональных характеристик электрических машин на основе моделирования электромагнитных и механических процессов, протекающих в ней.

Проектирование генератора начинается с установления свойств назначения системы электроснабжения объекта. Суть свойств назначения системы электроснабжения объекта определяется по предназначению летательного аппарата как сложного объекта, которое выражается кортежем совокупности используемых и создаваемых свойств, выбора

постоянных параметров объекта, операторов определения переменных характеристик объекта, физических параметров процесса в пространстве и во времени.

Значение общей постановки и решения задачи состоит в сквозном взаимосвязанном цикле процессов и процедур комплексного проектирования, в отличие от многочисленных аналогов проектирования системы, где данные процедуры рассредоточены по объектам системы.

Формальное описание для вычислений свойств проектируемого объекта системы электроснабжения имеют содержательную структуру относительно свойств проектируемого объекта и множеств его проявлений, баз и множеств его элементов.

Методологическую базу процесса оптимального проектирования всех электрических машин образует совокупность методов, алгоритмов, реализующих ручной или автоматизированный поиск на математических моделях проектируемого объекта конструктивных оптимальных параметров, при которых критерии оценки конструкции имеют экстремальные значения.

Методы проектирования представляют собой последовательность выполнения в определенном порядке взаимосвязанных действий, и в системе проектирования высокооборотных авиационных синхронных генераторов с электромагнитным возбуждением в алгоритм проектирования встраиваем этап имитационного моделирования, позволяющий оценить не только статические, но и динамические показатели качества проектируемой машины. Итерационными циклами охвачены электромагнитные расчеты, имитационное моделирование, разработка 3D-модели, тепловые и вентиляционные расчеты. Таким образом, проектирование высокооборотного авиационного синхронного генератора в системе проектирования производится с учетом максимального рассмотрения всех физических процессов, протекающих в машине такого типа.

System design of high-speed aircraft with electromagnetic excitation of synchronous generators

Musin S.M., Kaly V.A.
Technodinamika, Moscow

Synthesis of any electric machine based on two interrelated objectives: defining the geometry of the active zone and score of functional characteristics of electric machines based on modeling of electromagnetic and mechanical processes occurring in it.

Generator design begins with establishing the destination property of the electricity system of the object. The essence of the destination property of the electricity system of the object is determined by the intended use of the aircraft as a complex object that expresses the tuple used together and emerging properties, selecting a permanent object parameters, operators determine the variables of an object, the physical parameters of the process in space and time.

The value of the overall setting and solving the problem is through an interconnected cycle of integrated design processes and procedures, unlike many analogues of system design, where these procedures are distributed objects in the system.

Formal description for computing properties of engineered power system object have a meaningful structure regarding the properties of the designed object and sets its manifestations, databases and sets its elements.

The content of the tasks is structured as follows:

Methodological framework for the process of optimal design of all-electric cars form a set of methods, algorithms that implement a manual or automated search on mathematical models of the designed object of constructive optimal parameters in which criteria for evaluating designs have extreme values. Design methods constitute in a certain order execution sequence of interrelated actions, and in the design of high-speed aircraft with electromagnetic excitation of synchronous generators in algorithm design build phase simulation to evaluate not only static but also dynamic indicators of quality of the designed machine. Iterative cycles covered electromagnetic calculations, simulation, development of 3D-models, thermal and ventilation

calculations. Thus, the design of the high-speed aircraft synchronous generator takes into account the maximum consideration of all physical processes in this type of machine.

Влияние взрыва вихрей на нелинейности в продольных и боковых аэродинамических характеристиках модели маневренного самолета

Осипов К.А.
ЦАГИ, г. Жуковский

В работе приводятся численные исследования влияния особенностей вихревого обтекания, в частности, явления взрыва вихря на продольные и боковые аэродинамические характеристики модели маневренного самолета. Численное моделирование вихревого обтекания проводилось при малых дозвуковых скоростях M=0.15 в широком диапазоне углов атаки α=0÷35º при нулевом угле скольжения β=0º, а также при фиксированных значениях угла атаки α=10, 25, 30, 35º в диапазоне углов скольжения β=0÷20º с помощью k-ω SST модели турбулентности с коррекцией на кривизну линий тока. Получено удовлетворительное согласование результатов расчета с экспериментальными данными, как по продольным, так и боковым АДХ в широком диапазоне углов атаки и скольжения. По результатам расчетов были объяснены все основные нелинейности в интегральных характеристиках, связанные с явлением взрыва и интерференцией вихревых структур. Выявлены физические особенности вихревого обтекания модели и их влияние на АДХ:

• Явление взрыва вихревых структур существенным образом влияет на АДХ. Причем с увеличением угла атаки точка взрыва вихрей перемещается вверх по потоку. При обтекании со скольжением вихри разрушаются асимметричным образом, что приводит к потере поперечной устойчивости модели;

• Взаимодействие носового и консольного вихрей, а также относительное положение точек разрушения вихрей в диапазоне углов атаки 18º<α<28º при β=0º приводят к нелинейностям в зависимостях коэффициентов подъемной силы и продольного момента по углу атаки;

• При больших углах атаки основные вихри, сходящие с носовой части, вносят основной вклад в изменение АДХ в отличие от круглой носовой части, где путевая устойчивость часто определяется вторичными вихрями;

• Явление взрыва вихрей существенным образом влияет на вклад носовой части в путевую устойчивость. Причем его влияние может кардинальным образом отличаться при различных углах атаки (α=25-30º и 35º). Локальное изменение обводов носовой части на виде в плане также существенным образом влияет на путевую устойчивость вследствие затягивания взрыва вихря.

Кроме того, в качестве валидации моделирования взрыва вихревых структур проводились численные расчеты вихревого обтекания тонкого треугольного крыла при малых дозвуковых скоростях в широком диапазоне углов атаки α=0÷55º.

Effect of vortex breakdown on nonlinearities in longitudinal and lateral aerodynamic characteristics of a maneuverable aircraft model

Osipov K.A.
TsAGI, Zhukovsky

The paper presents numerical research of the influence of the vortex flow characteristics, in particular, the phenomenon of vortex breakdown on the longitudinal and lateral aerodynamic characteristics of the maneuverable aircraft model. Numerical simulation of vortex flow was carried out at low subsonic speeds M=0.15 in a wide range of angles of attack α=0÷35º at zero slip angle β=0º, as well as at fixed values of the angle of attack α=10, 25, 30, 35º in a range of slip angles β=0÷20º using k-ω SST turbulence model with curvature correction. A satisfactory agreement of the calculation results with experiment on both longitudinal and lateral aerodynamic characteristics in a wide range of angles of attack and side slip is obtained. According to the results of the calculations, all the main nonlinearities in the integral characteristics associated with the vortex breakdown and interference of vortex structures were

explained. Physical features of vortex flow around the model and their influence on the aerodynamic characteristics are revealed:

• Phenomenon of vortex burst significantly affects the aerodynamic characteristics. With the increase of angle of attack, the point of vortex breakdown moves up the stream. At non zero sideslip vortices are destroyed asymmetrically that leads to a loss of lateral stability of the model;

• Interaction of the nose and wing vortices, as well as the relative position of the points of vortex breakdown in the range of angles of attack 18º<α<28º at β=0º lead to nonlinearities in the dependence of the lift coefficients and the longitudinal moment of the angle of attack;

• At large angles of attack, main vortices coming off the nose make the main contribution to the change of aerodynamics characteristics, unlike the round nose, where the yawing stability is often determined by secondary vortices;

• Phenomenon of vortex breakdown significantly affects the contribution of the nose to the yawing stability. Moreover, its effect can be radically different at different angles of attack (α=25-30º and 35º). Local change in the contours of the nose in the planform view also has a significant impact on directional stability as a result of delaying vortex burst.

In addition, CFD calculations of the vortex flow around a thin delta wing at low subsonic speeds in a wide range of angles of attack α=0÷55º were carried out as a validation of the simulation of vortex breakdown.

Проектирование силовой схемы фюзеляжа в зоне выреза под люк

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

Целью работы является повышение весовой эффективности проектируемых конструкций фюзеляжей самолётов. Рассматривается развитие методики проектирования силовой схемы фюзеляжа в зоне большого выреза с использованием идеи тела переменной плотности [1]. В предлагаемой методике объединяются процессы структурной и параметрической оптимизации конструкций. Применяется алгоритм оптимизации распределения материала в конструкции, учитывающий требования прочности и жёсткости в форме обобщённых перемещений.

На численных примерах продемонстрировано, что предлагаемая методика проектирования может способствовать отысканию новых технических решений [2]. В ходе исследований по отработке силовой схемы конструкции отсека фюзеляжа в зоне типового дверного выреза найдено решение, для которого теоретически необходимая масса материала для компенсации выреза снижена на 21%.

Литература:

1. Болдырев А.В., Павельчук М.В. Развитие методики проектирования силовых схем авиационных конструкций с использованием модели тела переменной плотности // Известия Самарского научного центра РАН.
2013. Т. 15. № 6(3). С. 603–606.

2. Пат. RU 2646175 C1, Российская Федерация, МПК B64C 1/14. Отсек фюзеляжа летательного аппарата с вырезом под люк / Болдырев А.В., Комаров В.А., Павельчук М.В. (РФ); заявитель и патентообладатель Самарск. нац. исследоват. ун-т им. акад. С.П. Королёва; – № 2016150351; заявл. 20.12.2016; опубл. 01.03.2018, Бюл. № 7. – 11 с.

The fuselage structural layout designing in the region of hatch cutout

Pavelchuk M.V., Boldyrev A.V.
Samara University, Samara

Aim of the work is to increase weight efficiency of designed structures the aircraft fuselages. A development the technique fuselage structural layout designing in the region of large cutout using the idea a variable density body is considered [1]. In the proposed technique combines the processes structural and parametric optimization and structures. The algorithm optimizing the material distribution in structure, taking into account the strength and rigidity requirements in the form of generalized displacements is used.

In numerical examples demonstrate that the proposed a technique designing can assist to find new technical solutions [2]. During studies to simulate the structural layout construction a fuselage compartment in the region of a typical door cutout found a solution for which theoretically required mass of material for compensating cutout has been reduced by 21%.

References:

1. Boldyrev A.V., Pavelchuk M.V. The development of method of designing the load-carrying layouts of aviation constructions using the model of a body of variable density // Proceedings of the Samara Scientific Center of Russian Academy of Sciences. − 2013. − V. 15. − № 6(3). − pp. 603–606.

2. Pat. RU 2646175 C1, Russian Federation, IPC B64C 1/14. Fuselage compartment of the aircraft with a hatch cutout / Boldyrev A.V., Komarov V.A., Pavelchuk M.V. (Russia); applicant and patent holder Samara National Research University named after academician S.P. Korolev. − No. 2016150351; appl. 20.12.2016; publ. 01.03.2018; bull. № 7. − 11 pages.

Новый подход к проектированию зарубежных десантных парашютных систем военного назначения

Плосков С.Ю., Муравьев Ю.В.
НИИ парашютостроения, г. Москва

Десантные парашютные системы военного назначения являются одной из наиболее динамично развивающейся отраслей парашютной техники. Это связано с высокой востребованностью таких систем и относительной простатой их создания и доводки. Изучение эволюции таких систем позволяет определить основные тенденции в конструировании парашютной техники.

Доклад посвящен исследованию современных десантных парашютных систем военного назначения зарубежного производства. Цель работы — провести анализ конструкций таких систем и определить основные идеи, заложенные при их проектирования.

В работе представлен обобщенный материал по анализу более двух десятков зарубежных десантных парашютов с выявлением их индивидуальных особенностей. Для каждого парашюта были оценены его основные характеристики, включая площадь купола, массу, скорость ввода и установившегося спуска, коэффициент сопротивления и т.п.

В докладе десантные парашюты по назначению разделены на следующие типы: неманевренные; низковысотные неманевренные; управляемые (маневренные); запасные. Определены основные тенденции развития парашютной техники каждого типа.

Опыт разработок и конструирования зарубежных десантных парашютных систем военного назначения обобщен с точки зрения анализа нагрузок, возникающих при наполнении парашюта. Представлена аналитическая формула для расчета коэффициента динамичности парашютов. По особенностям работы при наполнении рассмотренные парашюты разделены на следующие типы: традиционной и энергопоглощающей конструкции.

В настоящее время зарубежные десантные парашютные системы достигли ограничения по предельной полетной массе - 180 кг. Прежде всего, это ограничение связанно с существенным увеличением нагрузки при раскрытии парашютов с большим объёмом купола. Это и привело к появлению парашютов энергопоглощающей конструкции: T-11 (США), C-400 (Испания) и LLP Mk 1 (Великобритания).

Поэтому суть нового подхода к проектированию зарубежных десантных парашютных систем военного назначения заключается в том, что на первый план выдвигается необходимость уменьшения нагрузок при раскрытии и обеспечения высокой устойчивости при снижении взамен получения высокого коэффициента сопротивления парашюта.

Обзор зарубежных десантных парашютных систем военного назначения" / С. Ю. Плосков, С. Н. Хурсевич. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 101, [1] с.: ил. ISBN 978-5-7038-5006-0.

A new approach to the design of foreign troop parachute systems

Ploskov S.Y., Muravyev Yu.V.
Scientific Research Institute of Parachute Design, Moscow

Troop parachute systems are the most developing branch of parachute industry. These systems are highly demanded. Moreover such systems can be characterized as simple in development and adjustment. The study of the evolution of such systems allows us to determine the main trends in the design of parachutes.

The report is devoted to the study of foreign modern troop parachutes. The aim of the work is to analyze the constructions of such systems and to identify its design concept.

More than twenty personal parachutes were analyzed in order to outline of its particular features. Main characteristics of such parachute, including: canopy area, weight, speed of deployment and descent, drag coefficient, etc., were evaluated.

The troop parachutes presented in the report are classified by designation: non-maneuverable; low altitude non-maneuverable; steerable (maneuverable); reserve. Author defined basic trends of the parachute development technique for each type mentioned.

The experience of development and design of foreign troop parachutes is generalized in term of the forces appearing during canopy inflation. In this paper an analytical formula for calculation of parachute opening-force coefficient is represented. The parachutes mentioned above are classified according to its features during inflation: traditional and energy-absorbing design.

Currently, foreign troop parachute systems have reached the limit of the all up weight of 180 kg maximum. This restriction is related to significant forces appeared inflation of large volume canopies which can be hard to bear. This restriction provoked the appearance of energy-absorbing parachutes: T-11 (USA), C-400 (Spain) and LLP Mk 1 (Great Britain).

Therefore, the essence of the new approach to the design of foreign troop parachute systems is reduction of opening forces and provision good stability at descent instead of high drag coefficient of parachute.

Максимизация дальности автономного полета беспилотного планирующего крылатого летательного аппарата

Полищук М.В.
МАИ, г. Москва

Работа посвящена вопросам динамики и управления беспилотным планирующим крылатым летательным аппаратом (БПК ЛА). Спроектирована система управления БПК ЛА. Проведен сравнительный анализ баллистических дальностей полета и максимальных дальностей управляемого полета для объекта управления. Объект управления в настоящей работе – БПК ЛА, выполненный по нормальной аэродинамической схеме и оснащенный раскрывающимся крыльевым модулем и цельноповоротными рулями. Построена математическая модель пространственного движения БПК ЛА, при помощи которой проведено моделирование запуска БПК ЛА с фиксированными нулевыми отклонениями рулевых поверхностей. Предложена структура стабилизации объекта управления путем стабилизации углового положения БПК ЛА. Основная задача системы наведения БПК ЛА – формирование управляющих сигналов в систему стабилизации для выполнения той или иной задачи. Предложено условно разделить систему наведения в продольном канале на две подсистемы, которые выполняют определенные задачи. Первая задача – планирование на максимальную дальность – позволяет расширить множество начальных состояний объекта управления. Вторая задача – наведение на заданную точку – обеспечивает точную доставку полезной нагрузки. На данном этапе вторая задача здесь не рассматривалась. Проведенное математическое моделирование показало, что дальность управляемого полета превышает дальность баллистического полета почти в 7 раз, а также превышает дальности полета современных отечественных аналогов более, чем в 3 раза.

The unmanned gliding winged aircraft autonomous flight range maximization

Polishchuk M.V.
MAI, Moscow

The work is devoted to the dynamics and control of unmanned planning for a winged aircraft (UGWA). The control system of the UGWA of LA is designed. A comparative analysis of ballistic beams and objects for resource management is carried out. The object of control in this work is the UPWA of the aircraft, executed in a normal aerodynamic scheme and equipped with a drop-down wing module and all-round steering wheels. A mathematical model of the spatial motion of the UGWA was constructed, with the help of which the simulation of the launch of the UGWA of LA with fixed zero deviations of the steering surfaces was carried out. The structure of the stabilization of the control object through the stabilization of the angular position of the UGWA of LA is proposed.

The main task of the UGWA guidance system is the formation of control signals in the stabilization system to perform a particular task. It is proposed to conditionally divide the guidance system in the longitudinal channel into two subsystems that perform certain tasks. The first task - planning for the maximum range - allows to expand a lot of initial states of the control object. The second task - pointing at a given point - provides accurate delivery of payload. At this stage, the second task was not considered here. The performed mathematical modeling showed that the range of the controlled flight exceeds the range of the ballistic flight by almost 7 times, and also exceeds the flight distances of modern domestic analogues by more than 3 times.

Проектирование и расчет легких конструкций фланцевых соединений с плоскими уплотнительными прокладками

Пыхтин А.В., Серпичева Е.В., Шишкин С.В.
МАИ, г. Москва

В авиационной технике широко используются фланцевые соединения с плоскими уплотнительными прокладками, прочность и герметичность, которых нередко определяет безопасность эксплуатации авиационной техники.

Герметизация узла возможна только при определённой величине давления в уплотняемом стыке. Исходя из опыта эксплуатации данных соединений, обоснованы его нормы в зависимости от вида и материала прокладки, а также величины рабочей нагрузки. Однако стандарт не учитывает жёсткость фланцев на изгиб или реальное распределение давления на прокладку. Поэтому норматив не гарантирует целостность уплотнения, то есть работоспособность соединения в целом.

Необходимым условием проектирования легких конструкций фланцевых соединений с плоскими уплотнительными прокладками является решение задачи оптимизации жесткости фланцев при обеспечении прочности деталей узла. Предложена общая концепция проектирования легких фланцев.

Для оценки работоспособности узла по приведенным критериям необходимо получить решение соответствующей конструкционно-контактной задачи. Рассмотрена кольцевая модель соединения с учетом дополнительной жесткости крепежа и присоединительных труб с независимым граничным слоем, податливость которого определяется сжатием фланцев, прокладки и деформацией шероховатости уплотняемых поверхностей.

Выработаны основные рекомендации по проектированию компактных, конструкций фланцевых соединений с плоскими уплотнительными прокладками с: целью минимизации их массы и сформулированы базовые критерии прочности деталей узла, гарантирующие его работоспособность. Отметим, что проблема оптимизации жёсткости фланцев также актуальна для судостроения, автомобилестроения и других областей машиностроения.

Design and calculation of lung structures of flange connections with strip seals

Pykhtin A.V., Serpicheva E.V., Shishkin S.V.
MAI, Moscow

In aviation technology, flange joints with flat gaskets are widely used strength and tightness, which are often determined by the safety of aircraft operation.

Sealing of the node is possible only at a certain amount of pressure in the sealed joint. Based on the operating experience of these compounds, its norms are justified depending on the type and material of the gasket, as well as the magnitude of the workload. However, the standard does not take into account the stiffness of flanges for bending or the actual distribution of pressure on the gasket. Therefore, the standard does not guarantee the integrity of the seal, that is, the efficiency of the connection as a whole

A prerequisite for the design of lightweight flanged connections with flat gaskets is to solve the problem of optimizing the rigidity of the flanges while ensuring the strength of the assembly parts. A general construction concept for light flanges is proposed.

To assess the performance of a node using the above criteria, it is necessary to obtain a solution to the corresponding structural contact problem. An annular model of connection is considered taking into account the additional rigidity of fasteners and connecting pipes with an independent boundary layer, the compliance of which is determined by the compression of flanges, gaskets and the deformation of the roughness of sealing surfaces.

The main recommendations for the design of compact, flanged joint structures with flat gaskets were developed with the aim of minimizing their mass and formulated basic criteria for the strength of parts of the assembly, ensuring its operability. Note that the problem of optimization of flange stiffness is also relevant for shipbuilding, automotive and other areas of engineering.

Расчет аэродинамических характеристик беспилотного ЛА вертикального взлета и посадки с учетом влияния воздушных винтов

Сергеева Н.И., Кузнецов А.В., Брусов В.С.
МАИ, г. Москва

В настоящее время потребность в беспилотных летательных аппаратах велика как в авиации и на флоте, как гражданского, так и военного назначения. Однако, применение беспилотных летательных аппаратов имеет ряд проблем, одной из которых является взлет и посадка на площадках ограниченных размеров. Поэтому в настоящее время наиболее востребованной является схема беспилотного летательного аппарата (БПЛА) вертикального взлета и посадки, которые сочетают в себе высокие летно-технические характеристики и способность базироваться на площадках ограниченных размеров.

Расчет аэродинамических характеристик (АДХ) ЛА с учетом влияния обдува винтами можно реализовать с помощью прикладным программных комплексов, например Ansys Fluent, однако это требует больших вычислительных ресурсов и времени расчета. Поэтому целью данной работы является разработка методики быстрой оценки АДХ БПЛА вертикального взлета и посадки с учетом влияния обдува струями воздушных винтов. Такая методика может быть реализована, в том числе и на бортовом вычислительном комплексе БПЛА.

Для предварительной оценки АДХ была доработана и использована программа расчета АДХ методом дискретных вихрей, разработанная на кафедре «Аэродинамика ЛА» МАИ. Приведены результаты расчета АДХ профиля FX63-137 с учетом влияния обдува струей воздушного винта и проведено сравнение полученных результатов с результатами эксперимента, проведенного ранее в трубе Т-1 МАИ.

Далее были получены АДХ БПЛА вертикального взлета и посадки при различных относительных скоростях в струе за винтом. Данный метод позволил также оценить АДХ БПЛА на режиме вертикального висения.

Дальнейшим развитием этой работы может быть расчет АДХ и летно-технических характеристик на переходных режимах.

Литература:
1. Белоцерковский С. М. Тонкая несущая поверхность в дозвуковом потоке газа / Сергей Михайлович Белоцерковский. – Москва: Наука, 1965
2. В.С. Брусов, В.П. Петручик, А.В. Кузнецов. – Исследования аэродинамических характеристик профилей крыла беспилотных летательных аппаратов с малыми скоростями и большой высотой полета, т. 20, №3. – Москва: Вестник МАИ, 2013
3. Кочуров О.Р. - Разработка винтового прибора для испытаний воздушных винтов на шестикомпонентных весах аэродинамической трубы Т-1 МАИ. – Выпускная квалификационная работа: МАИ, 2017

Calculation of aerodynamic characteristics of vertical take-off and landing aircraft considering the influence of propeller slipstream

Sergeeva N.I., Kuznetsov A.V., Brusov V.S.
MAI, Moscow

Nowadays the needs for unmanned aircrafts in aviation, fleet and navy are large. However, there is a number of problems concerning their takeoff operation and landing on limited area platform. Thus, one of the most much-needed unmanned aircrafts designs is vertical take-off and landing aircrafts, which combines high performance characteristics and ability to land on limited area platforms.

Aerodynamic characteristics considering the influence of propeller slipstream can be calculated with applicable software packages, such as Ansys Fluent, but they require great amount of computer performance and calculation time. That’s why the objective of the present project is the development of method of quick estimation of aerodynamic characteristics of vertical take-off and landing aircraft considering the influence of propeller slipstream, which can be used onboard the aircrafts.

Discrete vortex method calculation program, developed in department of aerodynamics of aircraft, was modified and used for preliminary estimation of aerodynamic characteristics. The results of the calculation of aerodynamic characteristics of the airfoil FX63-137 considering the influence of propeller slipstream are given. Experimental results earlier achieved in the Wind Tunnel T-1 MAI and calculation results were compared.

Aerodynamic characteristics of vertical take-off and landing aircraft with different relative velocities of the propeller slipstream were received. The method allowed to estimate aerodynamic characteristics of aircraft in hovering flight.

Further development of this work can be the calculation of aerodynamic characteristics and performance in transient conditions.

References:
1. Belotserkovsky S.M. Tonkaya nesuschaya poverkhnost v dozvukovom potoke gaza / Sergey Mikhailovich Belotserkovsky. – Moskva: Nauka, 1965
2. VS. Brusov, V.P. Petruchik, A.V. Kuznetsov. – Issledovaniya aerodinamicheskikh kharakteristik profiley kryla bespilotnykh letatelnykh apparatov s malymi skorostyami I bolshoi vysotoi poleta, t. 20, №3. - Moskva: Vestnik MAI
3. Kochurov O.P. - Razrabotka vintovogo pribora dlya ispytanii vozdushnykh vintov na shestikomponentnykh vesakh aerodynamicheskoi truby T-1 MAI. - Vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota: MAI, 2017

Отработка методики экспериментальных исследований влияния вихрегенераторов на аэродинамические характеристики крыла конечного размаха в аэродинамической трубе Т-1 МАИ

Скворцов М.С., Логинов Р.А., Слитинская А.Ю., Мартьянов Е.П.
МАИ, г. Москва

На современных самолетах широкое применение получило использование вихрегенераторов (ВГ) для затягивания отрыва. Сложность компоновок в сочетании с нестационарным характером обтекания затрудняет получение корректной картины

течения в расчете, основанном на осредненных по Рейнольдсу уравнениях Навье-Стокса. Более сложные методы расчета потребуют существенно большего времени как для самого расчета, так и для построения адекватной сетки. Поэтому при исследовании ВГ основное место занимают экспериментальные испытания. Особенность отрывных течений заключается в их сильной чувствительности к внешним изменениям. Для корректного анализа экспериментальных исследований по определению оптимальных параметров ВГ предварительно надо отработать методику. В работе дана оценка влияния следующих факторов: крепления ВГ, числа Рейнольдса, типов турбулизаторов. Исследования проводились в АДТ Т-1 на модели прямого крыла удлинения λ=5 с профилем NACA-0017, [1,2]. Крепление ВГ к поверхности модели конструктивно необходимо делать без изменения самой поверхности, но практически это сложно реализовать при многопараметрических испытаниях ВГ. В испытаниях использовалось крепление с помощью двухстороннего скотча. Показано, что такое крепление приводит к уменьшению эффективности ВГ. Существенное влияние на отрыв оказывает число Re. Приведено изменение характера зависимости аэродинамических характеристик при двух числах Re. Для уменьшения влияния ламинарно-турбулентного перехода и для упрощения верификации с расчетными методами проведены исследования с фиксированным переходом на модели. Рассмотрено несколько видов фиксации ламинарно-турбулентного перехода: проволочка, лента скотча, столбики из шпаклевки. Во всех вариантах получилось заметное ухудшение подъемной силы, что связано с изменением обтекания крыла. Желательно дополнительно провести испытания с масло-сажевым покрытием.

Литература:

1. Аваев Н.В., Мартьянов Е.П., Насыров Р.Ш. Отработка методики экспериментальных исследований влияния ВГ на отрыв с поверхности отсека крыла в аэродинамической трубе ПТ МАИ/тезисы XLIV конференции «Гагаринские чтения», 2018

2. Логинов Р.А, Скворцов М.С. Экспериментальные исследования влияния ВГ на отрыв с поверхности крыла конечного размаха в аэродинамической трубе Т-1 МАИ/тезисы XLIV конференции «Гагаринские чтения», 2018.

The procedure development for experimental studies of the vortex generators influence on the finite span wing aerodynamic characteristics in the MAI T-1 Wind Tunnel

Skvortsov M.S., Loginov R.A., Slitinskaya A.Yu., Martyanov E.P.

MAI, Moscow

Vortex generators (VG) are widely used on modern aircrafts to delay the flow separation process. The mixture of complex model geometries and unsteady flow behavior makes it difficult to get an accurate flow pattern that is obtained from calculations based on the Reynolds averaged Navier-Stokes equations. The more sophisticated methods would require much more time that is needed for an accurate mesh construction and for the calculation process itself. Thus, the essential part in VG research is experimental test. Separated flows are proved to be very susceptible to external changes. First of all, some procedure must be developed for optimal VG parameters to be determined. The influence of the following parameters was estimated in the research: VG fixation types, the Reynolds number, VG shapes. All studies were performed in the MAI T-1 Wind Tunnel on a straight wing model of aspect ratio λ to be equaled 5 and with NACA-0017 airfoil in all its sections [1,2]. Vortex generators should be fixed on the wing surface with surface form not to be varied, and such a task is practically difficult when VGs are characterised by many varied parameters. Double-sided adhesive tape was utilised for the VGs to be fixed and such fixation seemed to decrease the VG efficiency. The Reynolds number significantly affects the flow separation. The behavior changes in the model aerodynamic characteristics at two different Reynolds numbers are presented. The studies with fixed laminar-turbulent transition were performed for transition to have less influence on the end result and for simplification of calculation/experiment verification. For the flow turbulization to take place at the selected points of the wing surface there were used different materials such as a wire, an adhesive tape, thick paint stubs. Utilization of all these materials was proved to reduce the lift

force noticeably due to change in flow pattern over the wing. It is recommended to perform some additional tests with the use of oil-soot coating

References:

1. Avaev N.V., Mart'yanov E.P., Nasyrov R.Sh. Otrabotka metodiki eksperimental'nykh issledovaniy vliyaniya VG na otryv s poverkhnosti otseka kryla v aerodinamicheskoy trube PT MAI/tezisy XLIV konferentsii «Gagarinskie chteniya», 2018.

2. Loginov R.A, Skvortsov M.S. Eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya VG na otryv s poverkhnosti kryla konechnogo razmakha v aerodinamicheskoy trube T-1 MAI/tezisy XLIV konferentsii «Gagarinskie chteniya», 2018.

Постановка задачи оптимального использования резерва времени при планировании работ технического обслуживания и ремонта воздушных судов

Станкевич А.М., Степаненко А.Ю.

МАИ, г. Москва

Множество параметров, характеризующих состояние воздушного судна (ВС), определяется эксплуатационно-технической документацией (ЭТД) на ВС и входящие в его состав компоненты. Этой же документацией определяются значения параметров, при которых ВС или его компоненты считаются удовлетворяющими или не удовлетворяющими нормам лётной годности.

По результатам выполнения каждого рейса должна регистрироваться информация о текущих значениях параметров, характеризующих состояние ВС, и эта информация должна быть сразу же доступна инженерно-авиационной службе (ИАС).

Такая информация регистрируется в бортовом журнале лётным экипажем, в журнале пассажирской кабины экипажем бортпроводников и автоматически в бортовой вычислительной системе, которые также представляют элементы ЭТД.

Множество работ технического обслуживания и ремонта (ТОиР), зависящее от текущего состояния ВС, которые должны быть выполнены для приведения ВС в состояние, удовлетворяющее нормам лётной годности, регламентируются ЭТД.

Порядок выполнения каждой работы представляется в виде технологии её выполнения (последовательность действий), также регламентированной ЭТД.

Ресурсы, необходимые для выполнения работ ТОиР определяются технологией выполнения работ. Выделяются следующие виды ресурсов: технический персонал соответствующей специальности и квалификации, контрольно-проверочная аппаратура, инструмент, материалы.

На сегодняшний день большое количество публикаций посвящено решению задачи построения маршрута выполнения рейсов каждым из ВС, составляющим парк авиакомпании, с учётом того, что ВС должно проходить регламентное техническое обслуживание с заданной периодичностью, определяемой положениями ЭТД. Одним из основных параметров, значение которого влияет на получение оптимального решения, является плановая продолжительность события технического обслуживания (ТО), в рамках которого выполняются соответствующие регламентные работы. Плановая продолжительность события ТО формируется как сумма продолжительности выполнения собственно регламентных работ и определяемого экспертным путём резерва времени, который предусматривается для выполнения работ, связанных с устранением возникающих неисправностей, работ, связанных с исполнением требований сервисных бюллетеней и директив лётной годности и т.п. В связи с этим, приводится вербальная постановка задачи, связанной с оптимальным использованием указанного резерва времени, с учётом ограничений на имеющиеся ресурсы.

Statement of the problem associated with the optimal use of the time reserve in the planning of aircraft maintenance operations

Stankevich A.M., Stepanenko A.Y.
MAI, Moscow

A lot of parameters characterizing the state of the aircraft are determined by the technical documentation for the aircraft and the components that make up it. The same documentation determines the values of the parameters under which the aircraft or its components are considered satisfactory or unsatisfactory airworthiness standards.

Based on the results of each flight, information about current values of the parameters characterizing the state of the aircraft should be recorded, and this information should be immediately available to the Service department.

Such information is recorded in the flight log by the flight crew, in the passenger cabin log by cabin crew and automatically in the on-board computer system.

A number of MRO works, depending on the current state of the aircraft, which must be performed to bring the aircraft into a state that meets the airworthiness standards, are regulated by the technical documentation.

The order of execution of each work is represented in the form of technology for its implementation (sequence of actions), also regulated by the technical documentation.

The resources necessary to carry out MRO work are determined by the technology of work performance. The following types of resources are allocated: technical personnel with relevant skill, control and testing equipment, the tool, materials.

To date, a large number of publications have been devoted to solving the problem of constructing the route of flights by each of the aircrafts that make up the fleet of the airline, taking into account the fact that the aircraft must undergo routine maintenance with a specified periodicity determined by the provisions of the technical documentation. One of the main parameters, the importance of which influences the obtaining of the optimal solution, is the planned duration of the maintenance event. The planned duration of the maintenance event is formed as the sum of the duration of the actual maintenance work and the time reserve determined by the expert, which is provided for performing work related to the elimination of arising malfunctions, work related to the fulfillment of the requirements of service bulletins and airworthiness directives, etc. In this regard, a verbal statement of the problem associated with the optimal use of this time reserve is given, taking into account the limitations on available resources.

Лёгкий самолёт с электрической винтомоторной группой

[1]Сычёв А.В., [2]Балясный К.В.
[1]МАИ, [2]ПАО «Ил», г. Москва

В настоящее время в широком спектре летательных аппаратов (ЛА), как пилотируемых, так и беспилотных, появился новый объект исследований - летательные аппараты с электрической винтомоторной группой (ЭВМГ). Оснащение ЛА ЭВМГ приводит к принципиальному изменению высотно-скоростных характеристик винтомоторной группы, массово-инерционных, летно-технических и динамических характеристик, транспортной эффективности и др. качеств и свойств ЛА.

Объектом исследования является лёгкий самолёт с ЭВМГ, в котором используется электрический двигатель и аккумуляторные батареи (АКБ). Как варианты подзарядки АКБ могут использоваться солнечные батареи и генератор на базе двигателя внутреннего сгорания. Рассматривается возможность замены аккумуляторов после разрядки в полёте и зарядки при помощи наземной зарядной станции.

Целью исследования является разработка системы поиска рациональных решений в случае совокупности критериев, которые, в отличие от известных подходов, интерпретируются в виде неопределённости способов оценки лётно-технических и динамических характеристик лёгкого самолёта с ЭВМГ с возможностью сравнения теоретических расчётов с реальными данными полученными во время лётных испытаний

ЛА с ЭВМГ. Разрабатывается методика оптимизации лётно-технических и динамических характеристик лёгкого самолёта с ЭВМГ, анализируется возможности снижения стоимости лётного часа. Также накапливается опыт эксплуатации лёгкого пилотируемого самолёта с ЭВМГ.

Данная экспериментальная работа по лёгкому самолёту с ЭВМГ способствует накоплению опыта, который будет использоваться в разработке транспортных и пассажирских ЛА более тяжёлого класса и большей пассажировместимости.

"Light aircraft with electric propeller and motor group"

[1]Sychev A.V., [2]Balyasny K.V.

[1]MAI, [2]Ilyushin Aviation Complex, Moscow

Currently, in a wide range of aircraft, both manned and unmanned, a new object of research - aircraft with an electric propeller end motor group (EPMG). Equipment of the aircraft EPMG leads to a fundamental change in the altitude-speed characteristics of the propeller group, mass-inertia, flight-technical and dynamic characteristics, transport efficiency and other qualities and properties of the aircraft.

The object of the study is a light aircraft with a EPMG, which uses an electric motor and batteries. As options for recharging the battery, solar panels and a generator based on an internal combustion engine can be used. Possibility of replacement of accumulators after discharge in flight and charging by means of ground charging station is considered.

The aim of the study is to develop a system for finding rational solutions in the case of a set of criteria, which, in contrast to the known approaches, are interpreted as the uncertainty of methods for assessing the flight-technical and dynamic characteristics of a light aircraft with a EPMG the ability to compare theoretical calculations with real data obtained during flight tests of aircraft with a EPMG. The technique of optimization of flight-technical and dynamic characteristics of a light aircraft with a EPMG is developed, the possibilities of reducing the cost of the flight hour are analyzed. Also accumulated experience in the operation of light manned aircraft with a EPMG.

This experimental work on a light aircraft with a EPMG contributes to the accumulation of experience to be used in the development of transport and passenger aircraft heavier class and greater passenger capacity.

Исследование особенностей аварийного дистанционного сервоуправления региональным самолётом

Терехов Р.И., Шелюхин Ю.Ф.

ЦАГИ, г. Жуковский

В целях обеспечения разнородного резервирования в силовой части системы управления регионального самолёта исследуется возможность аварийного электродистанционного сервоуправления.

В качестве объекта исследований рассматривается перспективный региональный самолёт с двумя независимыми гидросистемами и электродистанционной системой управления. Балансировка и управление самолётом осуществляется двухсекционным рулём высоты в продольном канале, двумя элеронами в поперечном канале и рулём направления в путевом канале. В основном режиме управления каждая секция рулевых поверхностей отклоняется электрогидравлическими рулевыми приводами (ЭГРП), работающими в режиме замещения. Для аварийного управления при отказах двух гидросистем, когда все ЭГРП переходят в режим кольцевания с демпфированием, на каждой управляющей поверхности имеется серворуль с электромеханическим рулевым приводом (ЭМП).

По расчётным оценкам, собственный шарнирный момент серворуля значительно меньше шарнирного момента основной рулевой поверхности. Для управления серворулём предлагается использовать ЭМП малой массы и габаритов.

Динамика отклонения руля высоты, элерона и руля направления при сервоуправлении описывается с учётом нелинейных характеристик шарнирных моментов рулевых поверхностей и серворулей, влияния работающих в режиме демпфирования ЭГРП, а также аэродинамического демпфирования рулевой поверхности.

При потере гидропитания, рулевые поверхности перемещаются под действием шарнирного момента, что может привести к выходу самолёта за пределы эксплуатационной области по параметрам движения. Для обеспечения безопасного перехода на аварийное сервоуправление необходимо в основном режиме управления отклонять серворули таким образом, чтобы суммарный шарнирный момент на рулевых поверхностях в балансировочном положении был близок к нулю. Отклонение серворулей в основном режиме управления также позволяет уменьшить нагрузку на ЭГРП в процессе полёта.

Показано, что управляемость самолёта при сервоуправлении в значительной степени зависит от коэффициента демпфирования ЭГРП. В ходе расчётных исследований определены граничные значения коэффициента демпфирования ЭГРП, при которых характеристики управляемости самолёта удовлетворяют предъявляемым требованиям. В результате стендовых исследований с участием лётчиков-испытателей показано, что характеристики управляемости самолёта в режиме сервоуправления обеспечивают безопасное завершение полёта.

Research of regional aircraft emergency servocontrol features

Terekhov R.I., Shelyukhin Y.F.
TsAGI, Zhukovsky

In order to provide mixed flight control system redundancy for regional aircraft the emergency servocontrol principle is suggested.

The research conducts for prospective regional aircraft with two independent hydraulic systems and fly-by-wire control system. Two elevators in pitch axis, two ailerons in roll axis and one rudder in yaw axis provide the aircraft trim and control.

In main control mode two conventional electrohydraulic servoactuators (EHSA) deflect each control surface in replace mode. For emergency control in case of both hydraulic systems failure, when all EHSA switch from active to damping mode, all control surfaces have servotab with electro-mechanical actuator (EMA).

The estimated value of servotab’s own hinge moment is significantly less than main control surface hinge moment. It is suggested to use the light and small EMA for servotab deflection.

Elevator, aileron and rudder deflection dynamics description takes into account the non-linear control surfaces and servotab hinge moments dependencies, damping forces produced by EHSAs in damping mode and control surface aerodynamic damping.

After the hydraulic power loss, the control surfaces move under the hinge moment. That could result in aircraft exceeding the operational values of motion parameters. For smooth and safe transition from main control mode to emergency servocontrol the servotabs in main mode should be controlled in a way to make the control surface hinge moment close to zero in trim conditions. In addition, such control tabs deflection allows to reduce the EHSAs load during the flight.

It is shown that the aircraft handling qualities in servocontrol mode depend on actuator damping coefficient in a considerable degree. During the numerical research, the acceptable range of actuator damping coefficient values necessary to provide the required handling qualities in emergency control mode has been determined. Flight simulator research with test pilots involved proves that aircraft handling qualities in servocontrol mode provide safe flight continuation and landing.

Создание опытно-испытательного двухсредного стенда для измерения тяги электродвигателей малых габаритов

Третьяков Н.К., Семавина Н.А., Добровольский С.В.
МАИ, г. Москва

Исследовательская работа заключается в создании двухсредного испытательного стенда для измерения тяги электрических бесколлеторных двигателей с винтами работающими в двух средах. В данный момент подобные испытания нужны повсеместно.

Одна из причин проявления интереса к бесколлекторным электрическим двигателям – это возросшая потребность в высокооборотных микродвигателях – неотъемлемой части популярных ныне «мультикоптеров», радиоуправляемых катеров и другой малогабаритной техники с винтомоторной группой. Разные двигатели с разными винтами создают разную тягу, не трудно ошибиться с выбором, потому необходим испытательный стенд. Однако, существующие на рынке варианты стоят дорого и часто обладают лишними возможностями. Мы обладаем идеей удешевить этот процесс и ускорить способ получения измерений. Потому данная система является актуальной и востребованной.

Суть нашей системы и ее новизна состоит в закреплении мотора на стабилизирующем балласте, который находится на высокоточных весах. На весах отображается вес балласта и мотора. Запуская двигатель, мы получаем новое значение на весах – их разность будет являться возможной тягой винтомоторной группы. Результаты измерения выводятся датчиком на экран. Вся система находится в герметичном ящике, который можно залить водой или изменить плотность воздуха, для имитации испытаний на высоте.

В будущем это найдет широкое применение среди пользователей. А также позволит расширить использование малогабаритной техники как в воздухе, так и в воде. Так как будет устройство для подбора винтомоторной группы. И анализе их работы в двух средах

Creation of a two-medium test bench for measuring the thrust of small-sized electric motors

Tretyakov N.K., Semavina N.A., Dobrovolsky S.V.
MAI, Moscow

Our work is to create a two-medium test bench for measuring the thrust of electric brushless motors with screws operating in two environments. At the moment, such tests are needed everywhere.

One of the reasons for the interest in brushless electric motors is the increased need for high – speed micro-motors-an integral part of the now popular "multicopters", radio-controlled boats and other small-sized equipment with a screw-motor group. Different engines with different screws create different thrust, it is not difficult to make a mistake with the choice, because you need a test stand. However, existing options on the market are expensive and often have unnecessary opportunities. We have the idea to reduce the cost of this process and speed up the method of obtaining measurements. Because this system is relevant and in demand.

The essence of our system and its novelty is to fix the motor on the stabilizing ballast, which is on high-precision scales. The weight of the ballast and motor is displayed on the scales. When starting the engine, we get a new value on the scales – their difference will be a possible thrust of the propeller group. The measurement results are displayed by the sensor. The entire system is located in a sealed box that can be filled with water or change the air density to simulate tests at altitude.

In the future, this will be widely used among users. And also allow you to extend the use of compact vehicles both in the air and in the water. So how will the device for picking-rotor. And analysis of their work in two environments

Организация бортовых комплексов на основе принципов интегрированной модульной авионики

Хакимов А.В., Нечаев В.А., Костишин М.О.
ИТМО, г. Санкт-Петербург

Рассматривается реализация перехода отечественного авиаприборостроения к концепции интегрированной модульной авионики (ИМА) от федеративной архитектуры (ФА) с учетом сохранения принципа локализации функций отдельных систем в пределах самостоятельных унифицированных модулей.

Особенностью перехода является идея построения гибрида ФА и ИМА, а именно: наличие крейта и отдельных систем, выполненных по модульному принципу, что является отличительной особенностью реализации комплексов авионики в отношении полноценной архитектуры ИМА, в которой отсутствуют отдельные системы (интегрируются в состав крейта).

Используемая концепция позволяет формировать требования для переноса функций систем в программные приложения (ПП), а также обеспечить постепенный переход от ФА к ИМА.

Формирование требований к ПП обусловливается набором функций, выполняемых каждой системой в ФА. Отличительной особенностью систем в виде ПП является отсутствие повторов функций в разных ранее разработанных системах.

При существующем подходе обеспечивается модульность систем, а в полноценной архитектуре ИМА должна обеспечиваться модульность ПП в крейте.

Получены практические результаты, применяемые при разработке новых самолетов, таких как Ил-114-300 и Ил-96-400М. В них обеспечена модульность систем, как отдельных блоков. Описаны некоторые функции систем в виде ПП. Части функций систем возложены на крейт.

Оценена предварительная функциональность, отказоустойчивость, надежность и модернизация модульного комплекса бортового оборудования (КБО). Выявлены этапы проектирования КБО, в которых возможен переход разработчика на автоматизированное проектирование.

Organization of on-board computers with the principle of module avionics integration

Khakimov A.V., Nechaev V.A., Kostishin M.O.
ITMO, Saint Petersburg

The task is being studied to transmit from in-state item designing to module avionics integration conception (IMA) from federative architecture (FA) with keeping of function localization principle of separated systems with-in independent unified modules.

Special thing in such transition is the idea of hybrid creation between FA and IMA which means: availability of crate and separated systems done with module conception which is a special thing for avionics computers relatively to the architecture of IMA where there are no separated systems (integrated as a part of crate).

This conception permits to form requirements for system function transition into software (TS) and also to transit step by step from FA to IMA.

Requirements form of TS is done with set of functions being done with each system of FA. A special thing of system like TS is absence of function repetitions from the systems developed earlier.

Under modern approach of system modulation the full architecture of IMA must be modulated for TS in a crate.

Some practical results received after application in designing of new aircrafts like Russian model of IL-114-300 and IL-96-400M. There is system modulation as separated blocks. Some system functions described as TS. A part of system functions is for the crate.

Preliminary functionality evaluated and time between failures, reliability and modernization of module on-board computer equipment (OCQ). Stages of OCQ designing are found where the designer may apply CAD systems.

Управление качеством проектирования авиационной техники на этапе выбора концепции

Шелехова А.С.
ЦАГИ, г. Жуковский

Система менеджмента качества продукции предусматривает сквозное интегрированное управление качеством на всех стадиях жизненного цикла изделий, в том числе авиастроения.

Концептуальное проектирование является начальной стадией жизненного цикла нового уникального изделия. Цель технологии концептуального проектирования состоит в управлении качеством технической концепции посредством последовательного уменьшения неопределенностей выбора критических элементов и оценки ключевых характеристик объекта, уменьшении рисков их возможной реализации.

Выделяется несколько этапов концептуального проектирования, каждый из которых решает задачи, направленные на уменьшение различных неопределенностей проекта. Основная неопределенность этапа выбора концепции – какая концепция из всех возможных является наилучшей?

На этом этапе рассматриваются различные комбинации из предложенных на первом этапе технологий, которые позволяют сформировать ряд возможных концепций изделия в целом. Характеристики вариантов оцениваются и сравниваются, из них выбираются наиболее эффективные для детального рассмотрения.

Задача формирования ряда вариантов и управления этим процессом представляется многошаговой, динамической с нелинейными функциональными связями. Ее решение ищется методами математического программирования. Задача оптимального проектирования соответствует алгоритму прямого поиска, состоящему их двух приемов: построению ряда концепций и их сравнению. Решением является траектория поиска, ограничивающая выбор концепции в системе «затраты - нагрузка — эффект»

При этом концепция рассматривается как сочетание актуальных принципов действия, устройства и формы, образующих истинную модель искусственного объекта. Принципы – это целенаправленные свертки связанной информации, векторы которых определяются идеями, а содержание – компонентами системы. Для поиска оптимальной концепции предлагается метод планирования экспериментов, когда основными факторами являются принципы, а разработка каждого варианта концепции рассматривается как опыт в полнофакторном эксперименте

Метод полнофакторного планирования экспериментов обеспечивает снижение риска выбора неоптимальной концепции, обеспечивая достижение успеха в поиске оптимальной технической концепции при управлении качеством проектирования на начальной стадии жизненного цикла будущего изделия. Логико-математические модели этого этапа являются основой для дальнейшей разработки теории концептуального проектирования.

Aircraft design quality management at the stage of conception selection

Shelekhova A.S.
TsAGI, Zhukovsky

The product quality management system provides for end-to-end integrated quality management at all stages of the product life cycle, including aircraft construction.

Conceptual design is the initial stage of the life cycle of a new unique product. The purpose of the conceptual design technology is to manage the quality of the technical conception by sequential reducing the uncertainty of the choice of critical elements and assessing the key characteristics of the object, reducing the risks of their possible implementation.

There are several stages of conceptual design, each of which solves problems aimed at reducing the various uncertainties of the project. The main uncertainty of the conception selection stage – which conception is the best possible?

At this stage various combinations of the technologies proposed at the first stage are considered, which allow to form a series of possible conceptions of the product. The

characteristics of the variants are evaluated and compared, the most effective ones are selected for detailed consideration.

The problem of formation of the series of variants and management of this is multistep, dynamic with nonlinear functional connections. Its solution is sought by methods of mathematical programming. The problem of optimal design corresponds to the algorithm of direct search, consisting of two techniques: the construction of the series of conceptions and their comparison. The solution is a search path that limits the choice of conception in the system "cost-load-effect".

In this case, the conception is considered as a combination of actual principles of action, structure and form, forming a true model of an artificial object. Principles are purposeful convolutions of related information, the vectors of which are determined by ideas, and the content – by the components of the system. To find the optimal conception, a method of planning experiments is proposed, where the main factors are the principles, and the development of each version of the conception is considered as an attempt in a full-factorial experiment

The method of full-factor planning of experiments reduces the risk of choosing a non-optimal conception, ensuring success in finding the optimal technical conception in the management of design quality at the initial stage of the life cycle of the future product. Logical and mathematical models of this stage are the basis for further development of the theory of conceptual design.

Возможности применения нелинейной вихревой модели винта для численного моделирования взлетно-посадочных и переходных режимов полета конвертоплана

Шомов А.И., Макеев П.В., Игнаткин Ю.М.
МАИ, г. Москва

Аэродинамические характеристики винтов конвертопланов на переходных режимах работы требуют проведения подробных исследований, в том числе на базе численного моделирования. В настоящее время уровень вычислительной техники позволяет широко внедрять моделирование сложных задач аэродинамики, существенно снижая трудоемкость экспериментальных исследований и количество летных испытаний. Известно, что аэродинамические характеристики винта в значительной мере определяет вихревой след, отходящий от лопастей винта. На переходных режимах при повороте винтов, как и на режимах полета с малыми скоростями структура вихревого следа за винтом отличается сложной пространственной формой и нелинейностью. Поэтому для численного моделирования аэродинамики винтов на этих режимах требуется применения математических моделей достаточно высокого уровня. В настоящее время указанным требованиям в достаточной мере соответствуют два класса моделей. Это нелинейные вихревые модели и методы CFD (computational fluid dynamics), базирующиеся на решении уравнений Навье-Стокса. В силу нестационарности задачи часто необходимо моделировать продолжительные отрезки времени. Такая постановка задачи при расчете винтов методами CFD на сегодня остается слишком ресурсоемкой даже с применением мощных вычислительных кластеров. В то же время, применение нелинейной вихревой модели позволяет решить задачу за приемлемое время с применением персональных ЭВМ, хотя и с меньшими возможностями по анализу распределенных аэродинамических характеристик, чем методы CFD, но достаточными для решения практических прикладных задач.

С применением разработанной на кафедре «Проектирование вертолетов» МАИ нелинейной лопастной вихревой модели винта проведено моделирование аэродинамических характеристик винтов конвертоплана поперечной схемы с двумя трехлопастными поворотными винтами на отрезке полета, включающем: вертикальный взлет с учетом влияние земли, переход на вертолетный режим полета с набором скорости, поворот винтов на 90 градусов с выходом на самолетный режим и обратную конвертацию с вертикальной посадкой на площадку ограниченных размеров. Смоделировано до 2 минут

реального времени работы винтов (порядка 30000 оборотов винтов). Расчеты заняли около недели на 8-ядерном процессоре класса Core i8.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения нелинейной вихревой модели для исследования практических прикладных задач аэродинамики и динамики сложных режимов работы поворотных винтов конвертоплана.

Nonlinear blade vortical model opportunities of computational modelling of take-off and landing and conversional regimes of convertiplanes

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

Aerodynamic characteristics of convertiplane rotors at conversional regime need a detailed research, especially based on computational modelling. This variant is highly important, because nowadays computer technology level makes it possible to work in practice complicated aerodynamic tasks. This leads to decline of experiments' labor intensity and amount of flight tests. It is well-known, that vortex wake significantly defines rotor's aerodynamic characteristics of rotor. At conversional regimes and low-speed flight regimes shape of vortical wake above the rotor has complicated shape with significant nonlinear structure. That's why for computational modelling of rotors' aerodynamics at transition modes it is necessary to use high level mathematic models. Nowadays two classes of mathematic models satisfy these conditions. They are: free wake models and CFD (computational fluid dynamics) methods, based on solving equations of Navier-Stokes. Due to unsteadiness of task being solved it is necessary to model long time periods, equal to hundreds of rotor revolutions. Setting up this problem while modelling rotors for CFD methods still continues to be too demanding even for super-computers. Meanwhile using of non-linear vortex model allows to solve this task during reasonable time working on high-power personal computer. In addition, vortex model has less opportunities for aerodynamic characteristics analysis than CFD, but adequate for practical tasks solving.

Helicopter Department of MAI has made the research on the base of nonlinear blade vortical model of aerodynamic characteristics of two three-bladed convertiplane rotors combination. There has been modelled a flight including: vertical take-off with taking into account of ground effect, helicopter mode flight, rotors conversion (incline up to 90 degrees), reverse rotors conversion with landing. 2-minutes flight has been modeled (about 30000 revolutions of rotor) for a week computing time. Calculations, based on nonlinear vortical model, using personal computer with 8-cores Core i8 CPU have lasted for one week.

Obtained results demonstrate perspectives of using of the model for solving of practical tasks of aerodynamics and dynamics of complicated regimes of convertiplane rotors.

2. Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки

2. Aviation and Rocket Engines and Power Installations

CFD simulation of a methane rocket combustion chamber with a single co-axial injector

Van Schyndel J., Zhukov V.P., Oschwald M.
DLR, Germany

Methane is the next generation rocket propellant, which enables in combination with other new technologies the development of reusable launch systems with reduced cost and low environmental loads. The focus of the present work is the modeling of methane combustion in rocket combustion chambers using the DLR computational fluid dynamic code TAU.

To verify the general applicability of TAU for modeling of methane combustion, validation simulations have been performed. The results of the validation simulations are compared on the ignition delay times and chemical composition of the burnt gases with 0D results obtained by the open source software Cantera. The used reaction mechanism consists of 21 species and 49 reactions developed by Zhukov and Kong [1]. Since the used CFD code does not support pressure dependent reactions, the pressure dependent reactions were evaluated regarding the specific test case conditions and have been modeled as average of two or third body reactions. It could be shown that for the adopted mechanism the results from the CFD simulations are in fairly good agreement with the Cantera results.

To compare the simulation results with the results of other research groups and various different CFD codes, the well-known test case [2] is chosen for the simulation. The test case chamber is a single injector combustion chamber fed with gaseous methane and oxygen. The numerical simulations are performed solving the Favre-averaged Navier–Stokes equations. The turbulence is modeled using the Shear-Stress-Transport (SST) turbulence model. To reduce the computational cost, the rectangular combustion chamber is transformed into a 2D axisymmetric geometry with equal cross section areas.

The turbulent combustion is modeled with the use of a finite rate chemistry (FRC) model, while the turbulent-chemistry interaction can either be neglected (laminar FRC) or it can be modeled using a presumed probability density function (P-PDF) approach for the temperature and density distributions. In order to assess the influence of the turbulent chemical interaction within methane combustion chambers, the laminar FRC and the P-PDF FRC based approaches are compared. The results show the impact of turbulence on methane combustion at rocket engine conditions.

References

[1] Zhukov, V. P. and Kong, A., Development of Skeletal Kinetic Mechanism of Methane Oxidation for High Pressures and Temperatures. In: Proceedings. Space Propulsion 2016, 2. - 6. May 2016, Rome, Italy.

[2] Celano, M., Silvestri, S., Schlieben, G., Kirchberger, C., Knab, O. and Haidn, O., Transregio SFB-TR40 Test Case 1. Single Element Combustion Chamber GCH4/GOX. Technical report 6, TU Munich

Разработка сверхзвукового воздухозаборного устройства ТРДДФ для перспективного сверхзвукового пассажирского самолета

Алендарь А.Д., Грунин А.Н.
МАИ, г. Москва

Для сокращения времени полета, особенно на дальних маршрутах, целесообразно разработать высокоскоростные (сверхзвуковые) пассажирские самолеты (ВПС). Например, на перелет дальностью 12000 км современный дозвуковой лайнер затрачивает около 14 часов, в то время как ВПС с крейсерским числом Маха полета M=3 на такой перелет затратит около 4 часов. Таким образом, ВПС сделает возможными однодневные путешествия на расстояния более 11000 км.

На больших скоростях полета значительно возрастает влияние эффективности работы воздухозаборных устройств (ВЗУ) на характеристики силовой установки (СУ) и летательного аппарата (ЛА) в целом. В данной работе проведено исследование различных условий согласования работы ВЗУ и ТРДДФ. Рассматривается сверхзвуковое плоское регулируемое ВЗУ внешнего сжатия и ТРДДФ с регулируемым соплом.

Согласование работы ВЗУ и двигателя производится по расходу воздуха и происходит при условии равенства расхода через ВЗУ и потребного расхода воздуха через двигатель. Это условие обеспечивается путем изменения угла наклона подвижных панелей ВЗУ. Наиболее благоприятными для ЛА являются режимы работы ВЗУ, соответствующие максимальным коэффициентам расхода, т.к. в этом случае, при достаточно высоких значениях коэффициента восстановления полного давления, ВЗУ имеет минимальное внешнее сопротивление. В ходе расчета выявлено, что на некоторых режимах потребный коэффициент расхода двигателя отличается от максимального для ВЗУ. Если потребный коэффициент расхода меньше максимального, то для обеспечения потребного значения расхода воздуха осуществляется изменение угла наклона регулируемых панелей ВЗУ. Если при скоростях M>0,4 потребный коэффициент расхода больше максимального, то необходимо увеличение площади входа ВЗУ.

В первом приближении площадь входа ВЗУ определялась на крейсерском режиме полета ВПС при M=3 и H=23 км (расчетный режим ВЗУ), т.к. при этом потребный коэффициент расхода равен максимальному (и равен 1), а коэффициент сопротивления ВЗУ имеет минимальное значение, что важно для крейсерского полета. В ходе расчета характеристик СУ получено, что при указанном значении площади входа ВЗУ не способен пропустить потребное двигателю количество воздуха при числах Маха полета M=1,1–1,9. В качестве одного из путей решения этой проблемы рассмотрена возможность увеличения площади входа ВЗУ. При увеличении ее на 5% потребный расход двигателя полностью обеспечивается на всех участках траектории. При этом увеличение силы сопротивления ВЗУ не превышает 6%.

Development of a supersonic air intake device of turbofan engine for a prospective supersonic passenger aircraft

Alendar A.D., Grunin A.N.
MAI, Moscow

It's expedient to develop high-speed (supersonic) passenger aircraft (HSPA). Modern subsonic liner spends about 14 hours on a flight range of 12,000 km, while the HSPA with a cruising Mach number of flight M=3 on such a flight will take about 4 hours. HSPA will make possible one-day trips to distances of more than 11,000 km.

At high flight speeds significantly increases the impact of the efficiency of air intake devices (AID) on the characteristics of the power plant (PP) and whole aircraft. In this paper, a study of various conditions for the coordination of the work of AID and engine. We consider supersonic

plane controlled AID with external compression and turbofan engine with afterburner adjustable nozzle.

Coordination of AID and the engine occurs under the condition of equality of the flow rate through AID and the required flow rate of the engine. This condition is provided by changing the angle of inclination of the movable panels of the AID, and, consequently, the throat area. The best modes of operation of the AID for the aircraft are corresponding to the maximum flow coefficients, because in this case, at high values of the total pressure recovery coefficient, the AID has a minimum external resistance. During the calculation, it was found that in some modes the required flow rate of the engine differs from the maximum one for AID. If the required flow coefficient is less than the maximum, it is needed to change the angle of inclination of the AID panels to provide required airflow. If at M>0,4 the required flow coefficient is greater than the maximum, it is necessary to increase the entrance area of the AID.

In the first approximation, the area of the entrance of the AID was determined in the cruising mode of the HSPA: M=3 and H=23 km (the on design AID mode), since the required flow coefficient is equal to the maximum (and is equal to 1), and the resistance coefficient of the AID has a minimum value, which is essential for cruising flight. The calculations of the characteristics of the PP shows, that with such a value of the entrance area, the AID is not able to pass the required amount of air to the engine at Mach numbers 1,1–1,9. As one of the ways to solve this problem, the possibility of increasing the area of the AID entrance is considered. By increasing it by 5%, the required engine flow rate is fully provided in all parts of the trajectory. At the same time, the increase in the resistance force of the AID doesn’t exceed 6%.

Повышение КПД двигателя в турбине высокого давления

Андросович И.В., Силуанова М.В.
МАИ, г. Москва

При конструировании двигателей необходимо учитывать долговечность, ремонтопригодность и надежность двигателей. Одна из важнейших задач разработчиков двигателестроения - управления зазорами. Минимальный износ лопаток, уплотнений и двигателя в целом достигается путем изменения их значения с помощью системы управления зазорами.

Радиальные зазоры образующиеся в турбине высокого давления между лопатками и корпусом, снижают КПД двигателя. Основная задача ученых - снизить радиальные зазоры. При эксплуатации двигателей изменение зазора происходит в одном направлении, в последствии происходит износ ступеней ТВД.

Процесс эксплуатации ГТД связан с изменением зазора в проточной части, влияющим на ресурс. Ввиду возрастания эксплуатационного ресурса - зазор увеличивается.

В качестве метода крепления износостойкой накладки на торце пера лопатки и прирабатываемой накладки на рабочей поверхности надроторной вставки была выбрана высокотемпературная пайка в вакуумных печах, однако учитывая сложные условия работы прирабатываемой пары материалов, а также то, что рабочие лопатки и надроторные вставки даже в мелкосерийном производстве относятся к категории массовых деталей, данный способ не нашёл применения.

Был разработан новый способ крепления деталей лабиринтной пары надроторного уплотнения, как для вновь изготавливаемых, так и для ремонтируемых рабочих лопаток и надроторных вставок ТВД, имеющих повреждения на торцах пера турбинных лопаток и на рабочих поверхностях надроторных вставок.

Проведенные исследования в рамках научно-исследовательской работы на машиностроительных предприятиях показали на стендовых испытаниях обоснованность выбранного конструкторско-технологического решения по применению уплотнения из сплава типа «Фехраль». Экспериментальные данные выбранного вида уплотнения лопаток турбин высокого давления полученные в настоящей работе при изготовлении реальных изделий и в исследовании модельных образцов подтвердили повышение ресурса в ТВД.

Increasing engine efficiency in the high pressure turbine

Androsovich I.V., Siluyanova M.V.
MAI, Moscow

When designing engines, it is necessary to take into account the durability, maintainability and reliability of engines. One of the most important tasks of engine developers is gap management. Minimum wear of the blades, seals and the engine as a whole is achieved by changing their value with the help of a gap control system.

Radial clearances formed in the high-pressure turbine between the blades and the body reduce the efficiency of the engine. The main task of scientists is to reduce radial gaps. During operation of the engine the gap variation occurs in one direction, in consequence of the wearing of the steps of the theater.

To ensure high efficiency of turbines and other important parameters during the overhaul life, the value of the radial clearance between the ends of the turbine blades and the rotor inserts of the stator is important. The values of the optimal gaps between the rotor and the stator of the high-pressure turbine ensure the absence of their mutual touch during take-off and landing, maneuvering of the aircraft, deformation of the hull, overloads in all modes of operation of the GTE. Due to the fact that the radial clearance promotes the flow of gas over the working blades and through the radial clearance under the nozzle blades, this leads to leaks of the working fluid without giving energy to the turbine and, accordingly, to a decrease in its efficiency.

The conducted research within the framework of research work at machine-building enterprises showed the validity of the chosen design and technological solution for the use of the "Fehral" alloy seal at bench tests. The experimental data of the selected type of high-pressure turbine blades compaction obtained in this work in the manufacture of real products and in the study of model samples confirmed the increase in life in the theater.

Разработка бесконтактных моментных двигателей и перспективные направления их применения в ракетно-космической отрасли

Афиатуллов Э.Н., Устьянцев А.Е.
106 ЭОМЗ, г. Москва

В разработке перспективной продукции двойного и гражданского назначения (ПДГН) ракетно-космической отрасли России всё большее внимание уделяется созданию высокоточных систем позиционирования, слежения и наведения. Основным элементом этих систем являются электромеханические приводы на основе прецизионных электродвигателей.

В настоящее время разработчикам высокоточных систем известно большое количество прецизионных электродвигателей. Среди них - бесконтактные моментные электродвигатели, которые представляют собой вентильные электрические машины с возбуждением от постоянных магнитов. Основными особенностями таких двигателей является низкая рабочая скорость и бескорпусное исполнение, т. е. отсутствие корпуса, вала и подшипников.

Зарубежные компании производят широкую номенклатуру упомянутых электродвигателей, однако с учетом проводимой в РФ политики импортозамещения наиболее востребованными оказывается продукция отечественных фирм. Наиболее известны электродвигатели серии ДБМ, которые производятся ОАО «Машиноаппарат» (г. Москва); ЗАО «ЭЛМА-Ко» (г. С.-Петербург) и АО «Электромашиностроительный завод «ЛЕПСЕ» (г. Киров).

В течении 2015-2017 г.г. АО «106 ЭОМЗ», в ходе модернизации опорно-поворотного устройства для следящих систем изделий семейства «Сажень», проведены теоретические и экспериментальные исследования зарубежных и отечественных аналогов бесконтактных моментных электродвигателей.

Полученные результаты легли в основу разработки электродвигателя ДБМ-160, который обладает рядом конструктивных и технико-эксплуатационных преимуществ по сравнению с аналогами:

• Большая перегрузочная способность по моменту;

• Высокие динамические и точностные характеристики;

• Практически неограниченный диапазон регулирования частоты вращения с реверсивным направлением вращения;

• Эксплуатация при любом положении оси вращения в пространстве и воздействующих механических факторах внешней среды.

Интеграция ДБМ-160 в опорно-поворотное устройство следящей системы успешно реализована, а технико-эксплуатационные характеристики изделий семейства «Сажень» улучшены ориентировочно на 15%.

Потенциал применения этого электродвигателя достаточно велик. Кроме традиционных сфер применения (системы точного наведения, слежения, угловой стабилизации) ДБМ-160 возможно применить в таких областях использования ПДГН, как станкостроение, робототехника, медицинская техника, приводы электромобилей.

Development of contactless torque motors and promising areas of their application in the rocket and space industry

Afiatorov E.N., Ustyantsev A.Y.
JSC "106 EOMP", Moscow

In the development of advanced dual-use and civilian products (DUCP) of the Russian rocket and space industry, more and more attention is paid to the creation of high-precision positioning, tracking and guidance systems. The main element of these systems are Electromechanical drives based on precision electric motors.

Currently today, developers of high-precision systems know a large number of precision motors. Among them contactless torque motors, which are valve electric machines with excitation from permanent magnets. The main features of these engines are the low operating speed and open-frame design, i.e. the lack of housing, shaft and bearings.

Foreign companies produce a wide range of these electric motors, but taking into account the policy of import substitution in the Russian Federation, the products of domestic firms are the most popular. Most known motors of the DBM, which produced JSC "Mashinoimport" (Moscow), JSC "ELMA-Ko" (G. S.-Petersburg) and JSC "electric machine building works "LEPSE" (Kirov).

During In 2015-2017, JSC "106 EOMZ", during the modernization of the slewing device for tracking systems of products of the "Sazhen" family, conducted theoretical and experimental studies of foreign and domestic analogues of contactless torque motors.

The obtained results formed the basis for the development of the DBM-160 electric motor, which has a number of design and technical and operational advantages in comparison with analogues:

• High torque overload capacity;

• High dynamic and precision characteristics;

• Unlimited range of speed control with reverse direction of rotation;

• Operation at any position of the axis of rotation in space and acting mechanical factors of the environment.

The integration of DBM-160 into the slewing device of the tracking system has been successfully implemented, and the technical and operational characteristics of the products of the "Sazhen" family have been improved by approximately 15%.

The potential application of this motor is quite large. In addition to the traditional major fields of application (system precision guidance, tracking, angular stabilization) DBM-160 may be used in the areas of use of products of dual and civil purpose, as machine tools, robotics, medical equipment, actuators electomobile.

Экспериментальные исследования высокочастотного ионного двигателя мощностью 400 - 500 Вт

Ахметжанов Р.В., Каширин Д.А., Богатый А.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время растет число запускаемых на орбиту малых космических аппаратов. Для увеличения срока активного существования такие аппараты необходимо оснащать корректирующими двигательными установками.

В НИИ ПМЭ МАИ активно ведутся работы по созданию электрических ракетных двигателей (ЭРД) малой мощности для использования в составе систем управления движением малоразмерных космических аппаратов. Одним из таких ЭРД является высокочастотный ионный двигатель ВЧИД-11 с потребляемой мощностью 400-500 Вт. В докладе представлены результаты расчёта характеристик ВЧИД-11. Выбран номинальный режим работы двигателя.

По итогам расчета характеристик выполнено моделирование ионно-оптической системы (ИОС) ВЧИД-11 и моделирование процесса эрозии ускоряющего электрода ИОС двигателя. Моделирование проводилось в программном комплексе IOS-3D разработки Центра Келдыша.

В НИИ ПМЭ МАИ был спроектирован, создан и испытан лабораторный образец ВЧИД-11. В ходе исследовательских испытаний получены зависимости ВЧ-мощности от расхода рабочего тела. Показано, что двигатель может работать не только на номинальном режиме, но и в достаточно широком диапазоне по тяге. Характеристики ВЧИД-11, полученные в ходе испытаний, сравнены с отечественными и зарубежными аналогами. По результатам испытаний проведен расчет электроракетной двигательной установки на базе ВЧИД-11.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы" (Соглашение №14.577.21.0248. Уникальный идентификатор работ (проекта): RFMEFI57717X0248

Experimental Study of Radio-Frequency Ion Thruster with Power Consumption of 400-500 W

Akhmetzhanov R.V., Kashirin D.A., Bogaty A.V.
MAI, Moscow

At present, the number of small satellites launched into orbit is growing. It is necessary to equip such satellites with corrective propulsion systems in order to increase their active life.

The RIAME MAI is actively working on the development of low-power electric propulsion thrusters (EPT) for their use as parts of the motion control systems of small satellites, the radio-frequency ion thruster RIT-11 with the power consumption of 400-500 watts being one of them. The paper presents the results of the RIT-11 performance calculation. The rated operating mode of the thruster was chosen.

The ion-extraction system (IES) of RIT-11 and the process of erosion of its accelerating electrode were simulated based on the results of the performance calculation. The simulation was carried out in the environment of the IOS-3D software package developed by the Keldysh Research Center.

The laboratory model of RIT-11 was designed, fabricated and tested at RIAME MAI. The dependence of RF-power on the propellant consumption was defined during the research tests. It is shown that the thruster can operate not in the rated mode only, but also in a pretty wide range of thrust. The RIT-11 characteristics obtained during the tests were compared to those of the Russian and foreign analogues. The calculation of electric propulsion system based on RIT-11 was performed on the basis of test results.

The works have been fulfilled within the frames of implementation of the Federal Target Program "Research and Development in the priority fields of the science and technology sector

growth in Russia for 2014-2020" (Agreement No. 14.577.21.0248. The unique identifier of work (project) is RFMEFI57717X0248.

Методы экспресс-анализа распыления плазменным потоком объектов космического мусора и последствий загрязнения продуктами распыления поверхностей сервисного космического аппарата

Бляхарский С.С., Бляхарский Я.С., Надирадзе А.Б., Рахматуллин Р.Р.
МАИ, г. Москва

Одним из перспективных методов увода крупногабаритных объектов космического мусора (ОКМ) на безопасные орбиты является метод дистанционного воздействия на ОКМ, основанный на передаче импульса уводимому ОКМ ионным пучком, инжектируемым с борта сервисного космического аппарата (СКА). Данный метод является бесконтактным, но сопряжен с рядом проблем, обусловленных эрозионным и загрязняющим воздействием ионного пучка на поверхности ОКМ и СКА.

Распыление поверхности ОКМ может приводить к механическому разрушению тонкопленочных покрытий и образованию вторичных частиц космического мусора. Продукты распыления ОКМ в атомарном виде могут осаждаться на функциональных поверхностях СКА приводя к их деградации.

Применение сложных, высокоточных численных методов для расчета данных видов воздействия не эффективно в виду значительной вариативности траектории ОКМ относительно СКА. В связи с этим в данном докладе представлен метод экспресс-анализа эрозионного и загрязняющего воздействия ионного пучка на ОКМ и СКА, позволяющий значительно упростить процедуру вычислений и получить оценки приемлемой точности без сложных численных расчетов.

Предполагается, что ОКМ равномерно вращается, а ионный пучок полностью попадает на поверхность ОКМ. Исходя из этого получают оценки сверху для скорости эрозии поверхности ОКМ и скорости осаждения продуктов распыления на СКА. В расчетах используют функции распределения элементов поверхности ОКМ по углам падения ионов и материалов ОКМ по площади поверхности.

Приведены результаты расчетов, показывающее, что уровни эрозии материалов ОКМ и загрязнения поверхностей СКА являются значительными и требуют принятия специальных мер по их снижению.

Доклад подготовлен при финансовой поддержке прикладных научных исследований (проектов) Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках проекта N 14.574.21.0147 по теме: «Разработка методов экспресс-анализа распыления плазменным потоком объектов космического мусора и последствий загрязнения продуктами распыления поверхностей сервисного космического аппарата». Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57417X0147

An express method for analizing space debris objects sputtered by plasma flux and service spacecraft contamination by sputtered products

Blyakharsky S.S., Blyakharsky Y.S., Nadiradze A.B., Rakhmatullin R.R.
MAI, Moscow

At the recent time different technical means for taking away the large objects of space debris (OSD) to not-dangerous orbits are suggested. One efficient way for taking away the space debris is the method for distant impact to OSD. Its essence is as follows: the taking away OSD receives pulse transmitted by ion beam injected onboard the service spacecraft (SSC). But this method is characterized by several problems: ion beam interacts with OSD and SSC surfaces and as a result we see erosion and contamination effects.

The problem is as follows: ion beam sputters the structure elements of OSD and the back flux (towards SSC) of sputtered matter atoms deposited on SSC structure elements is formed. The deposited atoms can spoil proper operation of service spacecraft.

Nowadays there are mathematical tools of numerical simulation that makes it possible to calculate OSD sputtering and sputtered material deposition onto SSC operational surfaces. But this way is computationally intensive due to high variability of OSD trajectory with respect to SSC.

In the present work the express analysis, which makes it possible to simplify greatly the computation procedure and to estimate erosion and contamination levels with acceptable accuracy without complicated calculations, is given. The results of numerical calculations are presented and they are compared with the results obtained with the help of the developed express method. It is shown that OSD erosion and SSC contamination are significant and it is necessary to take special measures for their decreasing.

The work is supported by the Russian Ministry of Science and Education in the frames of the project “The Way to Develop the Express-Method for Analyzing Space Debris Objects Sputtered by Plasma Flux and Service Spacecraft Contamination by Sputtered Products”, project no. N 14.574.21.0147. Unique identifier of the agreement RFMEFI57417X0147.

Определение эффективной тяги дозвукового малоразмерного турбореактивного двигателя

Боровиков Д.А., Агапов А.В., Склярова А.П., Горбунов А.А.
МАИ, г. Москва

Малоразмерные турбореактивные двигатели могут применятся на различных летательных аппаратах с различной компоновкой и разными условиями применения. Для анализа эффективности применения того или иного двигателя в тех или иных условиях необходимо проанализировать его эффективные характеристики, учитывающие влияние летательного аппарата, компоновки и условий полета. Помимо непосредственно расчета эффективных параметров существующего двигателя, актуальной представляется задача анализа эффективных параметров двигателя после внесения модификаций или двигателя собранного из узлов разных двигателей.

В данной работе рассматривается алгоритм расчета эффективных параметров двигателя на примере малоразмерного двигателя производства компании AMT Netherlands «Pegasus». На первом этапе с помощью мобильной сканирующей системы были получены 3Д модели всех узлов двигателя. На втором этапе выполнялся расчет характеристик воздухозаборника (в случае анализа в системе летательного аппарата воздухозаборник считается совместно с летательным аппаратом), компрессора, камеры сгорания, турбины и реактивного сопла в программном комплексе Ansys. На третьем этапе выполняется сведение полученных характеристик в единую мат модель и синтез программы управления двигателем, для этих целей применялся программный комплекс ThermoGTE. На четвертом этапе параметры газа в критическом сечении сопла расчитанные в ThermoGTE загружаются в Ansys, после чего производится расчет сил действующих на двигатель и летательный аппарат на заданном режиме полета с учетом истечения реактивной струи и согласованном расходе на входе в двигатель. Наконец была предпринята попытка увеличить эффективную тягу системы на заданном режиме полета за счет добавления к двигателю сопла Лаваля (расширение на заданном режиме было неполным) и добавления обтекателей в зону отрывных течений за двигателем и уменьшения кривизны лобового обтекателя, за которым наблюдалось течение Прантля-Майера.

Алгоритм представленный в работе позволяет рассчитать эффективные параметры двигателя и ЛА на заданном режиме полета в том числе не только малоразмерного, произвести расчет параметров для двигателя набранного из произвольных узлов (если точки согласования этих узлов существуют) к примеру при замене КНД и неизменном газогенераторе, а также выполнить анализ эффективных параметров комбинированной силовой установки.

Determination of the subsonic small-sized turbojet engine effective thrust

Borovikov D.A., Agapov A.V., Sklyarova A.P., Gorbunov A.A.
MAI, Moscow

Small-sized turbojet engines can be used on various aircraft with different layouts and different application conditions. To analyze the effectiveness of an application of a particular engine under certain conditions, it is necessary to analyze its effective characteristics, taking into account the influence of the aircraft, the layout and the flight conditions. In addition to directly calculating the effective parameters of the existing engine, the task of analyzing the effective parameters of the engine after introducing modifications or an engine assembled from assemblies of different engines is actual.

In this paper, we consider an algorithm for calculating the effective parameters of an engine using the example of a small-size engine produced by AMT Netherlands "Pegasus". In the first stage, using a mobile scanning system, 3D models of all engine nodes were obtained. At the second stage, the calculation of the air intake characteristics (in the case of the analysis in the aircraft system, the air intake is considered together with the aircraft), the compressor, the combustion chamber, the turbines and the jet nozzle in the software complex Ansys. At the third stage, the obtained characteristics are combined into a single mate model and synthesis of the engine control program, for this purpose the ThermoGTE software package was used. At the fourth stage, the gas parameters in the critical section of the nozzle calculated in the ThermoGTE are loaded into the Ansys, after which the forces acting on the engine and aircraft are calculated in the given flight regime, taking into account the jet outflow and the agreed flow rate at the engine inlet. Finally, an attempt was made to increase the effective thrust of the system at a given flight mode by adding Laval nozzles to the engine (the expansion in the given mode was incomplete) and adding fairings to the zone of detachment currents behind the engine and reducing the curvature of the frontal fairing behind which the Prantle-Mayer flow was observed.

The algorithm presented in the work allows us to calculate the effective parameters of the engine and aircraft for a given flight mode, including not only a small-sized flight, to calculate parameters for a motor recruited from arbitrary nodes (if the matching points for these nodes exist), for example, when replacing the directive and an unchanged gas generator, and perform an analysis of the effective parameters of the combined power plant.

Современные теплообменные аппараты в авиационной технике

Вербанов И.С.
ЦИАМ, г. Москва

Конструкции теплообменных аппаратов (ТА) и методология их использования в авиации развиваются многие годы. К настоящему этапу наиболее широкое распространение получили трубчатые и пластинчатые ТА.

Трубчатые ТА изначально проектируются и рассчитываются по известным инженерным преимущественно одномерным методикам, а локальные эффекты в них исследуются с помощью CFD методов.

Испытания многосекционных ТА, размещенных в каналах авиационного газотурбинного двигателя и входящих, например, в состав системы охлаждения лопаток турбины, проводятся на модельных стендах для ТА с уменьшенным числом секций при сохранении эффектов, связанных с межсекционными зазорами.

Поиск оптимальных форм пластинчатых ТА проводится с использованием CFD методов для получения критериальных теплогидравлических зависимостей в элементарных ячейках и классических инженерных методик для определения параметров ТА в целом. Для валидации CFD расчетов проводятся экспериментальные исследования представительных моделей пластинчатых теплопередающих поверхностей разной формы (гофровые, холмистые). Выбор типа поверхности связан также с технологическими и прочностными преимуществами/ограничениями, такими как, например, равномерность вытяжки во всех направлениях при штамповке и возможность точечной сварки в контактных точках конвертов холмистых пластин.

Аддитивные технологии, снявшие значительную часть ограничений на геометрическую форму ТА, вносят новые подходы к проектированию теплообменных поверхностей и каналов. Взаимно-пористые структуры и топологически оптимальные ветвистые древовидные теплообменные каналы позволят добиваться ещё большей эффективности и лучших массогабаритных характеристик ТА. На примере октаэдрического трубчатого тела продемонстрирован поиск оптимального пространственного положения трубок по отношению к набегающему потоку, отличному от классических шахматного или коридорного пучков. Интеграция алгоритмов заполнения мира и систем Линденмейера (L-sistem) в программные инженерные комплексы позволит проектировать ТА с ветвящимися каналами по эффективности приближающиеся, например, к кровеносной системе человека. В ЦИАМ спроектирован и изготовлен по аддитивной технологии перспективный ветвистый ТА демонстратор с взаимно-пористой структурой.

Technologies of design, calculation, optimization and testing of heat exchangers for gas turbine engines

Verbanov I.S.
CIAM, Moscow

Design of heat exchangers (HE) and the methodology of their use in aviation have been developing for many years. By this stage, the most widely used tubular and plate HE.

Tubular HE are initially designed and calculated by known engineering, mainly one-dimensional, methods and local effects in them are investigated by CFD methods.

Tests of multi-section HE, placed in the channels of the aircraft gas turbine engine and included, for example, in the cooling system of the turbine blades, are carried out on model stands for HE with a reduced number of sections while maintaining the effects associated with the intersectional gaps.

The search for optimal forms of plate HE is carried out using CFD methods to obtain the criteria of thermal-hydraulic dependencies in elementary cells and classical engineering techniques to determine the parameters of HE. To validate CFD calculations, experimental studies of representative models of plate heat transfer surfaces of different shapes (corrugated, hilly) are carried out. The choice of surface type is also associated with technological and strength advantages/limitations, such as, for example, the uniformity of the drawing in all directions during stamping and the possibility of spot welding at the contact points of the envelopes of hilly plates.

Additive technologies, which have removed a significant part of the restrictions on the geometric shape of HE, introduce new approaches to the design of heat exchange surfaces and channels. Mutually porous structures and topologically optimal branched tree-shaped heat exchange channels will allow achieve greater efficiency and better weight and size characteristics of HE. Using the octahedral tube body as an example, the search for the optimal spatial position of the tubes with respect to the oncoming flow other than the classical chess or corridor one is demonstrated. Integration of space colonization algorithms and Lindenmeyer systems (L-sistems) into software engineering systems will allow to design HE with branching channels not less effective than, for example, the human circulatory system. In CIAM designed and manufactured according to additive technology perspective branching HE demonstrator with mutually porous structure.

Топологическая оптимизация

Гарсия А.Г.
МАИ, г. Москва

Многим уже известно, что с помощью топологической оптимизации (ТО) можно значительно улучшить проектированные детали и конструкции, но тем не менее по большей части они остаются на этапе испытаний и не применяются в авиастроении как рабочие элементы, так как они полностью не удовлетворяют требования опытного

конструктора, либо из-за недостаточности прочности, либо из-за сложности их изготовления. Если к этому добавляем, что детали не всегда проектируются правильно, то можно сказать, что сами инженеры и разработчики замедляют процесс внедрения таких деталей, поэтому писать о том, что не надо делать во время проектирования и проведения ТО, имеет место быть.

• Проектирование правильной геометрии. Начать надо с этого, так как ТО фокусируется в основном в «поиске» оптимальной геометрии в заданном объёме, то ограниченный объём может давать на самый оптимальный результат, хотя внутри данного объема, действительно будет оптимальным.

• Брать в расчет только деталь, а не сборку в целом. В этом случае, итоговый результат также получится неверный, так как система в целиком может вести себя иначе, по сравнению с деталью.

• Термодинамический расчёт. Если в условиях задачи входят температурные нагрузки, то обязательно надо проводить ТР до того, как проводим статический расчет, так как в итоговом результате внедрение температурных условиях в статическом расчете, не будут отражаться правильно.

• Строение правильной сетки. От этого очень сильно зависит решение, так как в зависимости от типа и густоты сетки, результаты могут отличатся друг от друга из-за природа алгоритма решения задачи.

• Обращать внимание на вид крепления детали. Имеется в виду лучше не использовать тип крепления «жесткое», а «гибкое», так как это тоже может влиять на результат.

• Начинать расчет с учетом жесткости, а не с уменьшения массы. Как уже упомянули раньше, цель ТО часто является уменьшение массы конструкций, но начинать надо с расчета конструкции учитывая жесткость как граничное условие, а только после этого, проводит расчет для уменьшения массы. Если результат по массе сильно отличается от результата по жесткости, то стоит на это обращать внимание.

Дополнительно, можно проектировать детали с допуском в отверстиях и во всех неизменяемых зонах, так как во время обработки результата много материала снимается, и они искажаются, также как вся деталь в целом.

Common mistakes when performing topology optimization using ANSYS suite

Guevara Garcia A.G.
MAI, Moscow

We know that with the help of topology optimization (TO), the designed parts and structures can be significantly improved, but mostly, they remain at the testing stage and are not used in the aircraft industry, since they don't fully satisfy the requirements of an experienced designer. If we add to this that the parts are not always designed correctly, then we can say that the engineers and developers themselves slow down the process of introducing such parts, therefore, it is proper to write about what not to do during the design and implementation of TO.

• Designing the right geometry. We need to start with this, since TO focuses mainly in the “search” for optimal geometry in a given volume, a limited wrong volume won’t result in the most optimal geometry at all, although within the given volume it will indeed be optimal.

• Consider only the part, not the assembly as a whole. In this case, the final result will also be not totally correct, since the system may behave differently compared to the part alone.

• Steady state-thermal analysis. If the conditions of the task include temperature loads, then it is necessary to carry out a Steady state-thermal analysis before the Static structural analysis, since entering a thermal condition while performing a Static structural analysis won’t give back the real values of the task.

• Choosing the right mesh. Depending on this, the final result might be or not what we were expecting, since varying the type of mesh, may change the shape of the parts and differ from each other due to the nature of the problem solving algorithm.

• Not to pay attention to the type of supports. In this case, it is better not to use the “rigid” support, but “flexible”, as this can also modify the result.

• Starting the analysis with a minimal mass objective instead of minimal compliance. As mentioned earlier, the final purpose of TO it is often to reduce the mass of structures, but we must begin by calculating the structure considering stiffness as a boundary condition, and only after that, start the analysis to reduce mass. If the result by a minimal mass objective significantly differs from the result by stiffness, then we should pay attention to it.

Additionally, as a consideration, it is possible to initially design the parts with a tolerance in the holes and in all the unchanged zones, since during the validation process a lot of material is removed and they are distorted, as well as the whole part.

Исследование рабочих процессов в прямоточном высокочастотном ионном двигателе

Гордеев С.В., Канев С.В., Суворов М.О., Хартов С.А.
МАИ, г. Москва

Для решения некоторых задач целесообразно выбирать орбиты космических аппаратов в диапазоне высот 200-300 км. Такие космические аппараты подвержены воздействию силы аэродинамического сопротивления, вследствие наличия на указанных высотах остаточной атмосферы. Для увеличения срока активного существования низкоорбитального космического аппарата необходимо компенсировать это воздействие. Для этого могут быть использованы электроракетные двигатели. В этом случае космический аппарат находится на орбите до тех пор, пока на борту есть рабочее тело для двигателя. Представляет интерес использование газов остаточной атмосферы в качестве рабочего тела.

В докладе приводятся результаты исследования работы прямоточного высокочастотного ионного двигателя. Параметры двигателя рассчитываются с использованием физико-математической модели высокочастотного разряда. При моделировании рассматривается поведение четырёх групп частиц: атомарного и молекулярного кислорода и азота, а также процессы ионизации этих частиц и диссоциации молекул на атомы. Модель позволяет получить распределения концентраций для каждой из рассматриваемых групп частиц и других параметров плазмы по объёму газоразрядной камеры двигателя. Используя эти распределения можно рассчитать интегральные характеристики двигателя.

Исходными данными для моделирования являются: геометрия ионизационной камеры двигателя, расположение и ток индуктора, массовый расход рабочего тела через двигатель, прозрачности ионно-оптической системы для различных видов частиц, сечения различных процессов, учитываемых при моделировании и другие свойства рабочего тела.

Погрешность расчета параметров двигателя обусловлена использованием приближенных дифференциальных уравнений. Кроме того, рассматривается стационарная задача и не учитываются возможные колебания концентраций атомов и ионов в камере. Погрешность также возникает при численном решении системы дифференциальных уравнений методом конечных элементов. Значительный вклад в общую погрешность расчета может вноситься погрешностью исходных данных, в частности сечений ионизации и диссоциации, определяемых экспериментально с погрешностью, иногда доходящей до 20-40%.

Кроме того, в докладе представлены результаты экспериментальных исследований прототипов устройств ионизации и ускорения рабочего тела на базе высокочастотного ионного двигателя при работе на газах атмосферы. Проведено сравнение результатов полученных при моделировании и экспериментальных. Полученные при сравнении отклонения составили не более 15 %.

Investigation of operation processes in ramjet radio-frequency ion thruster

Gordeev S.V., Kanev S.V., Suvorov M.O., Khartov S.A.
MAI, Moscow

For solving some problems, it is advisable to choose spacecraft (SC) orbits in the altitude range of 200-300 km. Such SC is affected by the aerodynamic drag force caused by residual atmosphere. To increase the low-Earth orbiting spacecraft lifetime, one needs to counteract this force. Electric propulsion systems can be used for this. In this case the spacecraft is on-orbit until it has onboard propellant store for the thruster. It is interesting to use residual atmosphere gases as propellant.

The paper presents the results of a study for the ramjet radio-frequency ion thruster operation. Calculation of the thruster parameters was carried out using the physico-mathematical model of radio-frequency discharge. The mathematical model describes the behavior of four groups of particles: atomic and molecular oxygen and nitrogen, as well as the processes of ionization of such particles and dissociation of molecules into atoms. We are able to define the density of each group of particles from the model as well as other plasma parameters distributions inside the gas discharge chamber. Using these distributions we are able to compute thruster performance.

The input data for modeling are: ionization chamber geometry, coil location and current in it, total mass flow through the thruster, ion-extraction system transparencies for different groups of particles, cross-sections of different processes, which are taken into account in the model and other propellant characteristics.

The error of computation is caused by the use of approximated differential equations in the model. Besides, the stationary problem is considered without taking into account possible variations of atom and ion density in the chamber. Large influence on the total error has the input data error, in particular the error in the ionization and dissociation cross sections, which are obtained from experiment with an error of up to 20-40% (in some cases).

Besides, the paper presents the results of experimental studies of prototypes of the propellant ionization and acceleration units based on principles of a radio-frequency ion thruster using atmospheric gases as propellant. Modeling results were compared to the experimental data – the disagreement is within 15%.

Анализ проблем создания силовых установок для сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей полета

Грунин А.Н., Алендарь А.Д.
МАИ, г. Москва

Технический прогресс неуклонно ведет к освоению сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей полёта. При этом развитие авиационной техники требует создание летательного аппарата (ЛА) обладающего свойствами космического и авиационного аппарата – авиационной космической системы (АКС). Увеличение скорости и высоты полёта выдвигает жесткие требования к выбору силовой установки ЛА. На сегодняшний день нет двигателя способного обеспечить полет на сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростях. Одним из вариантов решения является создание силовой установки, сочетающей в себе свойства нескольких типов двигателей – комбинированной силовой установки (КСУ).

В данной работе содержится анализ опубликованных работ по вопросам проблем создания КСУ.

Иностранные и отечественные двигателестроительные компании уделяют мало внимания исследованиям двигателей больших скоростей полёта, а общий подход к анализу параметров, характеристик и эффективности КСУ мало освещались в печати.

Основными проблемами создания силовых установок для авиационных космических систем являются:

- Решение вопроса конструкции силовой установки (СУ);
- Организация рабочего процесса при переходных режимах работы;
- Решение вопроса используемого топлива;

• Верификация расчётно-теоретических исследований;
• Решение вопроса интеграции СУ и планера;
• Разработка теплообменных аппаратов и новых материалов для поддержания работоспособности при больших температурах и т.д.

Для решения данных проблем необходимо разработка теоретических основ КСУ, натурных и математических моделей, учитывающих химические реакции, турбулентные течения потока, физических процессов, движение газового потока в двигателе, расчетное исследование рассматриваемых СУ и т.д.

Следующим логическим этапом работы являются создание математических моделей первого уровня и расчётно-теоретическое исследование КСУ АКС.

Analysis of problems of creating aircraft engines for supersonic flight speeds

Grunin A.N., Alendar A.D.
MAI, Moscow

Technical progress steadily leads to the development of supersonic and hypersonic flight speeds. At the same time, the development of aircraft requires the creation of an aircraft that has the properties of the space and aviation apparatus - the aerospace system. Increasing the speed and altitude of the flight makes strict requirements to the choice of the engine of the aircraft. To date, there is no engine capable of providing a flight at supersonic and hypersonic speeds. One solution is to create an engine that combines the properties of several types of engines - a combined engine.

This article contains an analysis of published works on the development of combined installations.

Foreign and domestic engine building companies pay little attention to the research of high-speed engines, and the general approach to analyzing the parameters, characteristics and efficiency of combined setups is little covered in the press.

The main problems of creating power plants for aerospace systems are:
• Solving the problem of designing combined plants;
• Organization of the working process in transitional conditions of operation;
• Solution of used fuel;
• Checking computational and theoretical studies;
• Solution of the problem of integration of the engine and airframe;
• Development of heat exchangers and new materials to maintain efficiency at high temperatures, etc.

To solve these problems, it is necessary to develop the theoretical principles of combined installations, full-scale and mathematical models that take into account chemical reactions, turbulent flow flows, physical processes, the motion of the gas flow in the engine, the computational study of the engines under consideration,

The next logical step is the creation of mathematical models of the first level and the theoretical study of combined installations of aerospace systems.

Повышение ресурса деталей и узлов ГТД комбинированным поверхностным упрочнением

Денисов Л.В., Бойцов А.Г., Силуянова М.В.
МАИ, г. Москва

В процессе эксплуатации наиболее ответственные детали и узлы двигателя испытывают высокие нагрузки температурного и силового характера. В совокупности со сложными условиями работы, такие нагрузки становятся причиной разрушающего воздействия на детали.

К таким деталям непосредственно относят и гидроцилиндры, изготавливаемые, для снижения веса, из титановых сплавов.

В процессе применения титановых сплавов одним из существенных недостатков считают их низкие антифрикционные свойства. Это объясняется следующими физико-

химическими свойствами металла: низкой прочностью граничного слоя смазки, низкой теплопроводностью, высокой химической активностью титана, тонкой, естественной окисной плёнкой, которая при трении легко разрушается, приводя к схватыванию контактирующих поверхностей, и др.

С целью повышения износостойкости гидроцилиндров рекомендуется применять электроискровое легирование (ЭИЛ) графитовыми электродами (карбооксидирование) с последующим алмазным выглаживанием полученного покрытия. Необходимыми условиями, протекающих процессов ЭИЛ, в данной работе, являлась низкая энергия разрядов воздействующих на поверхность с высокой частотой. Соответствующие режимы позволяли получать качественные покрытия толщиной в несколько микрон с обеспечением низкой шероховатости.

Одним из существенных факторов ограничивающих область применения ЭИЛ является образование в поверхностном слое микротрещин, остаточных растягивающих напряжений и других дефектов. Наиболее эффективным способом борьбы с ними служит алмазное выглаживание. После выглаживания в поверхностном слое определяются остаточные напряжения сжатия.

Наблюдается значительное снижение величины коэффициента трения после алмазного выглаживания обработанных ЭИЛ поверхностей. Снижается изнашивающая способность, уменьшается длительность приработки, благодаря уменьшению шероховатости и сглаживанию острых выступов на поверхности покрытия. Снижение шероховатости поверхности и залечивание микротрещин и других дефектов позволяет повысить усталостную прочность изделий, подвергаемых ЭИЛ.

Представленная технология не требует внесения изменений в действующий техпроцесс производства детали, заменяются только финишные операции. Предложенные решения обеспечили технические требования по точности и микрогеометрии рабочей поверхности. Испытания, выполненные на технологическом изделии показали, что износ зеркала за время наработки минимален, а его величина на порядок ниже, чем у цилиндров, обработанных по базовой технологии.

Increasing the service life of the parts and the components of gas-turbine engine using combined surface hardening

Denisov L.V., Boytsov A.G., Siluyanova M.V.
MAI, Moscow

Critical parts and the components of gas-turbine engine take thermal action and force action during product life cycle. Furthermore additional fluctuating, difficult working conditions become the cause of destruction. One of those groups is hydraulic cylinder, manufactured of titanium for light weight.

There are some reasons why titanium alloys have low antifrictionality. Because it has high chemical activity, thin native oxide film which is destroyed by frictions and causes the contacting pair to jam, low tenacity of lubrication film, low heat conductivity, etc. The electrospark deposition with carbon electrodes recommended using for increase of wear resistance. After that, it is necessary to burnish formed layer. Low energy discharges with high frequency has been used for electrospark deposition. This type of regime was needed to form high-quality layer with several microns of thickness and low roughness.

Significant defects such us residual tensile stress, microcracks and other defects in the formed layer arise after electrospark deposition. Subsequent diamond burnishing of the formed layer used to remove them. Reverse sign of residual stress in the formed layer take place after diamond burnishing.

Subsequent diamond burnishing of the formed layer significantly decrease friction coefficient. Besides that, low surface roughness and smoothening of sharp tips on the surface of the coating are factors that decrease the layer ability to wear out counterface, decrease time of self-accommodation, amount of wear. Fatigue resistance of electrospark deposited parts increase after smoothing of roughness and healing of microcracks.

The presented technology does not require the introduction of changes to the current technological process of manufacture. Only finishing operations are replaced. The presented technology provides technical requirements for the accuracy and microgeometry of the working surface. Tests performed on the technological product showed that the wear of the mirror during the operating time is minimal, and its value is an order of magnitude lower than that of the cylinders hardened according to the basic technology.

Исследование основных требований и задач, предъявляемых к двигательной установке мягкой посадки современного возвращаемого космического аппарата

Дзгоев Т.Р., Силуянова М.В.
МАИ, г. Москва

Возвращение космического аппарата на Землю является заключительным этапом многих космических операций. Даже с приходом эры мощных цифровых технологий необходимость безопасной доставки на Землю материалов и образцов не снижается. Более того, актуальность разработки систем мягкой посадки аппаратов на различные небесные тела только возрастает.

По мере расширения масштабов космических полетов будут изменяться схема и конструкция возвращаемых аппаратов, пополняться спектр требований и задач, возложенных на двигательные установки, обеспечивающие безопасность и качество спуска космонавтов и грузов из космического пространства.

Первостепенной задачей двигательной установки мягкой посадки (ДУМП) является значительное снижение скорости подлета возвращаемого космического аппарата (ВКА) к небесному телу. Это снижение должно быть достаточно плавным во избежание повышенных нагрузок на экипаж или чувствительные оборудование и материалы.

Высокая кинетическая энергия движения космического корабля обуславливает отделение от него ВКА в целях снижения количества энергии. Но несмотря на это, количество необходимой для торможения с космических скоростей энергии остается огромной, что накладывает особые требования к мощности ДУМП. Немаловажны и массовые характеристики ДУМП. Ключевое влияние на них оказывают масса теплозащитных покрытий ВКА, конструкционные материалы, применяемые в ДУМП, масса твердотопливных двигательных зарядов, и другие массовые переменные.

Особое влияние на конструктивное исполнение ДУМП и задачи, стоящие перед ней, оказывает характер атмосферы(либо ее отсутствие)небесного тела, на которое предстоит посадка ВКА. При прилунении же вся ответственность за безопасное соприкосновение с поверхностью полностью лежит на ДУМП, поэтому масса топливного заряда, количество и пространственная направленность сопел будут варьироваться в зависимости от характера перевозимых объектов. Количество параметров, к которым также относятся и угол входа в атмосферу, и угловые скорости ВКА, и его форма, аэродинамическое качество и многие другие, накладывает на разработчика ДУМП по-настоящему сложные задачи обеспечения надежности, ресурса и экономичности. Отечественные разработчики наравне с зарубежными коллегами участвуют в настоящий момент в подготовке пилотируемых миссий на ряд небесных тел. Но и зарубежные и отечественные планы по освоению ближнего космоса объединяет востребованность в системе мягкой посадки, наличие которой позволит успешно их выполнить в ближайшие десятилетие.

The study of the main requirements and tasks for the propulsion system of the soft landing of a modern returning spacecraft

Dzgoev T.R., Siluyanova M.V.
MAI, Moscow

The return of the spacecraft to Earth is the final stage of many space operations. Even with the advent of the era of powerful digital technologies, the need for safe delivery of materials and samples to the Earth does not decrease. Moreover, the urgency of developing soft landing systems for different heavenly bodies only increases.

As the scales of space flights expand, the scheme and design of the returned vehicles will change, the range of requirements and tasks assigned to the propulsion systems ensuring the safety and quality of the descent of cosmonauts and cargoes from outer space will be replenished.

The primary goal of the soft landing propulsion system (DUMP) is to significantly reduce the approach speed of the returned spacecraft (CKA) to the celestial body. This reduction should be sufficiently smooth to avoid increased loads on the crew or sensitive equipment and materials.

The high kinetic energy of the spacecraft's motion causes separation of the GCA from it in order to reduce the amount of energy. But despite this, the amount of energy necessary for braking from cosmic speeds remains enormous, which imposes special requirements on the power of DUMP. Mass characteristics of DUMP are also important. Key influence is exerted on them by the mass of thermal protective coatings of the GCA, structural materials used in DUMP, the mass of solid propellant charges, and other mass variables.

A special influence on the design of the DUMP and the tasks facing it has the character of the atmosphere (or its absence) of the celestial body to which the VKA landing is to be carried out. When landing, the entire responsibility for safe contact with the surface lies entirely with the DUMP, the number and spatial orientation of the nozzles will vary depending on the nature of the objects carried. The number of parameters, which also include the angle of entry into the atmosphere, and the angular velocities of the GCA, and its form, aerodynamic quality and many others, imposes on the developer of DUMP really complex tasks of ensuring reliability, resource and economy. The domestic developers, along with their foreign counterparts, are currently participating in the preparation of manned missions for a number of celestial bodies. But both foreign and domestic plans for the development of near space unites the demand in the soft landing system, the availability of which will allow them to be successfully implemented in the next decade.

Использование революционного гибридного двигателя SABRE для создания космического самолета Skylon

Дубинский А.А.
МАИ, г. Москва

В 2013 году Великобритания инвестировала денежные средства в развитие нового воздушно-реактивного ракетного двигателя SABRE. Благодаря этим инвестициям компании Reaction Engines Limited удалось разработать гиперзвуковой комбинированный воздушно-реактивный двигатель, который является основой их космического самолёта Skylon. Целью разработки является создание беспилотного космолет многоразового применения, который можно будет использовать для осуществления недорогих и надежных полетов в космос. Также у космолёта будут отсутствовать ступени, а взлёт и посадка будут осуществляться за счёт автопилотов. Это позволит значительно упростить эксплуатацию.

Основные задачи, поставленные перед разработчиками — это снижение стоимость вывод на орбиту грузов массой до 12-15 тонн. Одной из проблем силовой установки SABRE было резкое увеличение температуры, вызванное сжатием воздуха до 140 атмосфер перед подачей в камеру сгорания. Данная проблема приводила к плавлению используемых материалов. Решение этой проблемы и стало ключевой из задач, поставленной перед инженерами Reaction Engines. Решением стало создание нового элемента двигателя, а именно охладителя воздуха.

На данный момент уже есть информация проведение удачных наземных испытаниях. При благополучном развитии событий уже в 2020-х годах могут начаться испытания первого космолёта. В будущем Skylon можно будет использовать для транспортировки людей на космические станции. Осуществление этого перспективного проекта, произведёт резкий скачок в развитии нынешней космической отросли.

Using SABRE's revolutionary hybrid engine to build a Skylon space plane

Dubinskiy A.A.
MAI, Moscow

In 2013, the United Kingdom invested in the development of a new SABRE air-jet rocket engine. Thanks to these investments, Reaction Engines Limited was able to develop a hypersonic combined jet engine, which is the basis of their Skylon space aircraft. The purpose of the development is to create an unmanned reusable spacecraft that can be used for low-cost and reliable space flights. Also, the spacecraft will have no stages, and take-off and landing will be carried out at the expense of autopilots. This will greatly simplify the operation.

The main tasks set for the developers - is to reduce the cost of putting into orbit cargo weighing up to 12-15 tons. One of the problems of the power plant SABRE was a sharp increase in temperature caused by the compression of air to 140 atmospheres before feeding into the combustion chamber. This problem led to the melting of the materials used. The solution to this problem was the key task set before the engineers of Reaction Engines. The solution was to create a new element of the engine, namely the air cooler.

At the moment, there is already information about successful ground tests. With the successful development of events in the 2020s can begin testing the first spaceship. In the future, the Skylon can be used to transport people to space stations. The implementation of this promising project will make a sharp jump in the development of the current space industry.

Анализ эффективности и технический облик трехкомпонентных ЖРД

Ермашкевич А.А., Воробьев А.Г., Зубкова П.В.
МАИ, г. Москва

Наибольшего эффекта в части выведения полезной нагрузки возможно достичь путем решения задачи оптимизации сочетания «энергетическая эффективность – плотность». Одним из решений этой задачи является трехкомпонентный жидкостной ракетный двигатель, использующий два вида горючего в одной двигательной установке: углеводородное на начальном участке выведения и водород на высотном участке.

Преимущества данных двигательных установок: экономия массы ракеты-носителя, высокие значения удельного импульса на высотном участке, снижение стоимости выведения полезной нагрузки. Недостатки: сложность конструкции двигательной установки, отсутствие инфраструктуры для запусков и испытаний РН с трехкомпонентными ЖРД, относительные потери эффективности из-за поддержания двухрежимности.

На основе требований по тяге для первой и второй ступеней ракеты-носителя «Союз-5» сформулировано техническое задание на трехкомпонентный ЖРД. Представлен анализ прототипов: РД-701, РД-704. Предложена схема ракеты-носителя с единой двигательной установкой, состоящей из 5 ЖРД. Рассмотрены различные схемы и варианты конструкции трехкомпонентных ЖРД, выявлены их достоинства и недостатки. Разработана математическая модель для расчета статических параметров трехкомпонентной ДУ.

Предлагается двухрежимный однокамерный трехкомпонентный двигатель, выполненный по закрытой схеме с дожиганием газогенераторного газа. Окислитель – жидкий кислород, горючее – керосин (Т-1) и водород. На первом режиме двигатель работает на трех компонентах, доля водорода в топливной смеси 3...6% от общего расхода компонентов. На втором режиме двигатель работает на паре кислород-водород. Охлаждение камеры – регенеративное, производится жидким водородом на двух режимах. Проведен термодинамический расчет КС и газогенератора, работающих на трехкомпонентном топливе, в различном диапазоне соотношения компонентов. Выбран оптимальный газодинамический профиль КС, в котором используется выдвижное сопло с изломом. Произведена энергетическая увязка и расчет статических параметров трехкомпонентной ДУ. Проведен проектный расчет охлаждения с различными гидравлическими схемами.

Результаты расчетов показали, что удельный импульс первой ступени, эксплуатируемой на трехкомпонентном топливе, вырос на 17 с в сравнении с двухкомпонентной ступенью. Предварительные расчеты показывают выигрыш по массе полезной нагрузки, порядка 7%. Полученные результаты подтверждают перспективность трехкомпонентных ДУ для дальнейшей проработки и исследований.

Efficiency and technical appearance of tripropellant liquid fuel rocket engines

Ermashkevich A.A., Vorob'ev A.G., Zubkova P.V.
MAI, Moscow

Maximum effect in payload can be achieved by solving the optimization task of the «energy efficiency-density» combination. One of the solutions of this problem is tripropellant LRE that uses 2 types of fuel in one EU: hydrocarbonic fuel at the initial area of launch and the hydrogen high-altitude area.

The advantages of these EU: launch-vehicle weight economy, high values of specific impulse at high-altitude area, cost reduction of launching a payload. The disadvantages: structural complexity of the EU, the lack of infrastructure for launching and testing the launch vehicle with tripropellant LREs, the relative loss of efficiency due to the maintenance of dual-mode.

Based on the requirements for thrust for the first and second stages of the Soyuz-5 launch-vehicle, a technical specification for a tripropellant LRE is formulated. The analysis of prototypes is presented: RD-701, RD-704. A scheme of the launch vehicle with a unite EU consisting of 5 LREs is proposed. Various schemes and construction variants of LREs are considered, their advantages and disadvantages are revealed. A mathematical model for static parameters calculation of the tripropellant EU is developed.

A two-mode single-chamber tripropellant LRE is proposed, executed according to the closed scheme with gas-generator afterburning. The oxidizer - liquid oxygen, the fuel - kerosene (T-1) and hydrogen. In the first mode, the engine operates on three components, the proportion of hydrogen in the fuel mixture is 3...6% of the total consumption of components. In the second mode, the engine works using bipropellant fuel oxygen-hydrogen. Cooling chamber is regenerative, produced by liquid hydrogen in two modes. The thermodynamic calculation of the combustion chamber and the gas generator, operating on tripropellant fuel is carried out in a different range of component ratios. The optimum gas dynamic profile of the combustion chamber is chosen, in which a telescopic nozzle with flexion is used. The energy balance and static parameters calculation of the tripropellant EU are made. The design calculation of cooling with various hydraulic circuits is carried out.

The calculation results showed that the specific impulse of the first stage operated on tripropellant fuel, increased by 17 seconds compared to the bipropellant stage. The preliminary calculations show a gain on the payload mass, about 7%. The obtained results confirm the prospects of tripropellant EU for the further study and research.

Развитие методов численного моделирования ракетных камер сгорания

Жуков В.П.
DLR-Lampoldshausen, Германия

В докладе обсуждается развитие методов численного моделирования ракетных камер сгорания в последние 20 лет так и их будущее развитие в следующие 20 лет, состояние численного моделирования горения в США, Японии, ФРГ, Италии и Франции. В настоящее время состояние методов численного моделирования ракетных камер сгорания определяется развитием компьютерной техники, экономическими факторами и текущим состоянием теории турбулентности. В докладе обсуждается влияние каждого из перечисленных факторов. С 2015 года наблюдается значительное замедление роста производительности процессоров до 3% в год [1]. Рост скорости вычислений за счет распараллеливания вычислений в свою очередь ограничен законом Амдала [2]. Теории турбулентности и турбулентного горения последние 20 лет развиваются чрезвычайно

медленно. Частичным выходом из глубокого кризиса теории турбулентности является развитие гибридных LES/RANS моделей.

Несмотря на застой методы численного моделирования ракетных камер сгорания всё ещё обладают нераскрытым потенциалом развития, сдерживаемым экономическими факторами: отсутствием инвестиций и неоптимальным управлением. В настоящее время длительность расчета ракетной камеры сгорания прежде всего, зависит от опыта и знаний исполнителя работы. Само машинное время расчета составляет сотые–десятые доли суммарного времени расчета. Поэтому раскрытие потенциала методов моделирования ракетных камер сгорания возможно через устранение сдерживающих экономических факторов и создание системы генерации и накопления опыта и знаний.

Литература:

[1] Hennessy, J.L. and Patterson, D.A. Computer Architecture: A Quantitative Approach, Sixth Edition. Elsevier, New York, 2018.

[2] https://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Амдала

Development of numerical simulations of rocket combustion chambers

Zhukov V.P.

DLR-Lampoldshausen, Germany

The paper discusses the development of numerical simulations of rocket combustion chambers the last 20 years and their future development in the next 20 years, the state of numerical simulations of combustion in the USA, Japan, Germany, Italy, and France. At present, the state of the numerical modelling of rocket combustion chambers is determined by the development of computing technologies, economic factors and the current state of the theory of turbulence. The report discusses the impact of each of these factors. Since 2015, there is a significant slowdown in processor performance to 3% per year [1]. The speedup of computations due to the parallelization of computations is in turn limited by the Amdahl’s law [2]. The theories of turbulence and turbulent combustion have developed very slowly over the past 20 years. A partial way out of the deep crisis of the turbulence theory is the development of hybrid LES/RANS models.

Despite the stagnation, the methods for the numerical simulation of rocket combustion chambers still have an untapped development potential constrained by economic factors: lack of investment and suboptimal management. At present, the time spent on a simulation of a rocket combustion chamber primarily depends on the experience and the knowledge of the researcher. The actual computational time amounts to 0.1–0.01 fraction of the total time spent on modelling. Therefore, the development of the numerical modelling of rocket combustion chambers is possible through the elimination of constraining economic factors and establishing a system of generation and accumulation of experience and knowledge.

References:

[1] Hennessy, J.L. and Patterson, D.A. Computer Architecture: A Quantitative Approach, Sixth Edition. Elsevier, New York, 2018.

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Amdahl's_law

Акустические эффекты в магистралях подачи ЖРД

Журавлев В.Н., Ткач В.В.

НПО Энергомаш, г. Химки

Особенностью работы ЖРД в широких диапазонах регулирования является его повышенная динамическая активность на определенных режимах из-за совпадения собственных частот акустических мод колебаний газовых и жидкостных объёмов, а также собственных частот механических колебаний элементов конструкции с частотами внутренних и внешних возмущающих процессов. Продолжительная работа двигателя на динамически активных режимах ведет к снижению его надежности и ресурса. Отстройка от этих частот невозможна, т. к. требуется надежная работа ЖРД на всем диапазоне регулирования.

Данная работа посвящена исследованию способов подавления колебаний давления и расхода в отводящих магистралях насосов ЖРД. Исследуемый участок представляет собой магистраль от выхода центробежного колеса насоса до стабилизирующей части регулятора расхода. Как показали расчеты усиление пульсаций на данном участке происходит из-за совпадения частоты четвёртой акустической моды с первой лопаточной частотой насоса (т.е. резонанса).

Проведен подробный анализ акустических мод колебаний упругой жидкости. Разработана математическая модель потока упругой малосжимаемой жидкости в трубопроводе. Модель представлена дискретными динамическими элементами, описывающими инерционные, ёмкостные и резистивные характеристики жидкости.

Адекватность модели подтверждена путём верификации расчетных значений частот и фаз акустических колебаний жидкости в точках измерения пульсаций при огневых испытаниях.

На основе полученной модели проведены расчеты способов подавления пульсаций:

Установка гидросопротивления в пучность расхода;

Установка демпфера в пучности давления;

Установка трубопровода перепуска (байпаса) с точками разветвления в пучности волны расхода. Длина основного трубопровода от входа до выхода разветвления выбирается так, чтобы волны расхода на выходе из перепуска и из основного трубопровода были в противофазе.

Проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Acoustic effects in the hydraulic LRE lines

Zhuravlev V.N., Tkach V.V.
NPO Energomash, Khimki

A feature of LRE that operates in wide ranges of regulation is its increased dynamic activity in certain modes due to the coincidence of the natural frequencies of the acoustic modes of fluctuations in the volumes of gas and liquid, as well as the natural frequencies of mechanical oscillations of the structural elements with the frequencies of internal and external disturbing processes. Continuous operation of the engine on dynamically active modes leads to a decrease in its reliability and resource. Tuning from these frequencies is not possible, since reliable operation of the LRE on the entire control range is required.

This work is devoted to the investigation of methods for suppressing pressure and flow pulsations in the discharge pipes of LRE pumps. The investigated area is a hydraulic line from the exit of the centrifugal wheel of the pump to the stabilizing part of the flow regulator. As calculations have shown, the amplification of pulsations in this section is due to the coincidence of the frequency of the fourth acoustic mode with the first blade frequency of the pump (i.e., resonance).

A detailed analysis of the acoustic modes of elastic-fluid vibrations is carried out. A mathematical model of the flow of an elastic low-compressible liquid in a pipeline is developed. The model is represented by discrete dynamic elements describing the inertial, capacitive and resistive characteristics of the liquid.

The adequacy of the model is confirmed by verifying the calculated values of frequencies and phases of acoustic fluid oscillations at the points of measurement of pulsations during fire tests.

On the basis of the obtained model, the methods for suppressing pulsations are calculated: Installation of hydraulic resistance in the antinode of flow;

Installation of a damper at antinode pressure;

Install bypass pipe (bypass) with branch points at the antinode of the flow wave. The length of the main pipeline from the inlet to the branch outlet is chosen so that the flow waves at the outlet from the bypass and from the main pipeline are in antiphase.

A comparative analysis of the results is carried out.

Способы повышения тяговой эффективности стационарного плазменного двигателя Морозова при его работе на криптоне

Захарченко В.С., Ким В.П., Меркурьев Д.В., Шилов Е.А.
МАИ, г. Москва

Целью доклада является поиск путей повышения тяговой эффективности стационарного плазменного двигателя (СПД) Морозова при его работе на криптоне. Актуальность подобного исследования обоснована необходимостью поиска более дешевой альтернативой ксенону, который на сегодняшний день является основным рабочим телом для СПД. Такой альтернативой можно считать криптон, который также является инертным газом, при этом его стоимость более чем в 20 раз меньше стоимости ксенона, а общемировой годовое производство на порядок больше. Еще одним преимуществом криптона является возможность получения более высокого удельного импульса тяги при том же разрядном напряжении, что и при работе на ксеноне.

В то же время предыдущие исследования показали, что СПД при работе на криптоне имеет существенно более низкий тяговый КПД, чем на ксеноне, что обусловлено более низким коэффициентом использования рабочего тела. Также показано, что многие процессы, протекающие в ускорительном канале СПД идентичны для разных рабочих тел, в первую очередь таких, как ксенон и криптон. Благодаря этому можно использовать значительный массив теоретических и экспериментальных данных, полученных на ксеноне, для анализа процессов в СПД, работающем на криптоне. Так, например, представлено, толщина (продольная протяженность) слоя ионизации и ускорения, внутри которого происходят ключевые рабочие процессы, практически не зависит от рода рабочего тела. На основании проведенного анализа можно разработать пути модернизации конструкции двигателя, чтобы обеспечить эффективную работу СПД на и одновременно с этим получить предпосылки для достижения приемлемого ресурса двигателя.

Ways to increase thrust efficiency of Morozov's stationary plasma thruster operating on krypton

Zakharchenko V.S., Kim V.P., Merkurev D.V., Shilov E.A.
MAI, Moscow

The aim of the report is finding ways to increase thrust efficiency of Morozov’s stationary plasma thruster (SPT) while operating on krypton. The relevance of such study is based on the necessity of finding the alternative cheaper than xenon, which is currently the main propellant for SPT. Krypton may be considered to be this alternative, because it is also inert gas but cost more than 20 times cheaper than xenon and krypton annual global production is higher order of magnitude. Another advantage of krypton over xenon is ability to achieve the higher specific thrust impulse at the same level of discharge voltage.

At the same time, the previous studies proved that SPT operating on krypton shows much lower thrust efficiency than on xenon due to lower use of propellant coefficient. It is also shown that many of the processes occurring in the SPT accelerator channel are identical for different working bodies, primarily such as xenon and krypton. Due to this, it is possible to use a significant array of theoretical and experimental data obtained on xenon to analyze the processes in the SPD operating on krypton. Thus, for example, the thickness (longitudinal length) of the ionization and acceleration layer, within which the key operating processes take place, practically does not depend on the type of the working propellant. Based on the analysis, it is possible to develop ways to upgrade the engine design to ensure efficient operation of the SPT and at the same time to get the prerequisites for achieving an acceptable engine life-time.

Исследование звукопоглощающих конструкций на установке «Интерферометр с потоком» при наличии двух скачков импеданса

Ипатов М.С., Фараносов Г.А., Яковец М.А.
ЦАГИ, г. Жуковский

Возможность эксплуатации современных магистральных самолетов определяется в большой степени удовлетворением требованиям норм ИКАО по шуму на местности. Наиболее эффективным способом снижения шума вентилятора авиационного двигателя (доминирующий источник шума самолета на взлетно-посадочных режимах) является облицовка каналов двигателя звукопоглощающими конструкциями (ЗПК), параметры которых подбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальное затухание звука при его распространении вдоль канала на различных режимах работы двигателя. Дальнейшее ужесточение норм ИКАО по шуму на местности требует повысить эффективность работы ЗПК, для чего, в частности, необходимо повысить степень подробности моделирования процесса распространения звука, как в трактах авиадвигателя, так и в каналах экспериментальных установок, учитывая конструктивные особенности расположения ЗПК. Кроме этого, экспериментальное исследование ЗПК в условиях, приближенных к натурным, стало осуществляться на установках типа «интерферометре потоком», которые позволяют измерять одну из важнейших характеристик ЗПК — импеданс. В таких установках испытуемый образец помещается заподлицо на боковую поверхность канала с прямоугольным сечением, и определение импеданса происходит на основе измерений характеристик звукового поля в канале с помощью микрофонов, установленных заподлицо на противоположной к образцу стороне канала. При этом на одной из стенок прямоугольного канала также реализуются поперечные разрывы импеданса.

Были проведены экспериментальные исследования на установке «интерферометр с потоком» образцов ЗПК при наличии двух стыков импеданса. Скорость потока в канале V= 0, 40, 70, 96, 100 м/с. В качестве полезного сигнала использовался мультисинус, состоящий из девяти треть октавных частот. Уровень звукового давления сигнала 145 дБ. В качестве экспериментальных образцов использовались ЗПК, изготовленные с помощью технологий 3Д печати из пластика (материал ABS). По экспериментальным данным были получены акустические характеристики звукопоглощающих конструкций при наличии двух скачков импеданса в канале посредством точных аналитических решений задачи о распространении звука в каналах с круглым и прямоугольным сечениями с потоком при наличии двух и более скачков импеданса облицовок.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ №18-32-00908 мол_а.

Research of sound-absorbing structures on the installation "Interferometer with a flow" in the presence of two impedance transitions

Ipatov M.S., Faranosov G.A., Iakovets M.A.
TsAGI, Zhukovsky

The possibility of operating modern long-distance aircraft in the international air transportation system is determined, in particular, by meeting the requirements of the ICAO for ground noise. The most effective way to reduce the noise of an aircraft engine fan (the dominant source of airplane noise at take-off and landing checkpoint) is the lining of the engine's channels with sound-absorbing structures (SAS) whose parameters are selected in such a way as to ensure maximum attenuation of sound when it propagates along the channel at different engine operating modes. Further tightening of ICAO ground noise standards requires increasing the efficiency of liners, which, in particular, requires more detailed modeling of the sound propagation process both in the aircraft engine ducts and in the experimental test rigs, taking into account the design features of integrating liners into these ducts. In addition, an experimental study of SASs under almost in-situ conditions was performed on installations of the “interferometer with a flow” type, which make it possible to measure one of the most important

characteristics of SASs: the impedance. In such installations, the test sample is flush mounted on the lateral surface of a rectangular channel and the impedance is determined based on the measurements of the acoustic field characteristics in the channel with the microphones flush-mounted on the opposite side of the channel. In this case, the impedance also has transverse discontinuities at one of the walls of the rectangular channel.

Experimental studies were carried out on the “interferometer with a flow” setup of the SAS samples with two impedance transition. The flow velocity in the channel is V = 0, 40, 70, 96, 100 m / s. Multisinus consisting of nine third of octave frequencies was used as a useful signal. The sound pressure level of the signal is 145 dB. SAS made using 3D plastic printing technology (ABS material) were used as experimental samples. According to experimental data, acoustic characteristics of sound-absorbing structures were obtained in the presence of two impedance jumps in the channel by means of accurate analytical solutions to the problem of sound propagation in channels with circular and rectangular sections with flow in the presence of two or more facing impedance jumps.

This work was supported by Grant RFBR No. 18-32-00908 mol_a.

Экспериментальное исследование газодинамической эффективности переходного канала турбины при наличии аэродинамического следа от турбины высокого давления, моделируемого с помощью колеса-имитатора

Карелин О.О., Ремизов А.Е.
РГАТУ, г. Рыбинск

Турбины газогенераторов современных энергоэффективных ГТД выполняются высоконагруженными, а их аэродинамика характеризуется сложной пространственной структурой и периодической нестационарностью. Эти обстоятельства необходимо принимать во внимание на всех этапах проектирования интегрированной системы турбины. В настоящее время актуальным направлением является исследование аэродинамики элементов интегрированной системы турбины в условиях аэродинамического следа от рабочих колес. К таким элементам относится переходный канал, ставший важнейшим элементом энергоэффективных ГТД.

В настоящей работе выполнялось экспериментальное моделирование аэродинамического следа в переходном канале турбины ГТД с помощью колеса-имитатора. Экспериментальный стенд включал аэродинамическую трубу, компьютерную измерительную систему, исследуемую систему (кольцевой канал с электроприводным колесом-имитатором, модельный переходный канал). Для измерения полных давлений в контрольных сечениях модели использовался одноточечный насадок, углов потока – угломерный насадок.

Исследуемый модельный переходный канал представлял собой кольцевой расширяющийся канал с геометрическими параметрами, соответствующими натурным переходным каналам турбин ГТД (степень расширения 2,2; относительная длина 5,4). Колесо-имитатор приводилось во вращение электродвигателем. Для выполнения кинематического подобия и критерия Струхаля, характеризующего периодическую нестационарность, коэффициент расхода варьировался в диапазоне 1,02…0,73, что соответствовало натурным турбинам ГТД. Число Рейнольдса составляло 100000. Программа эксперимента включала исследование распределения скоростей по длине канала, углов потока, определение коэффициента потерь кольцевого и модельного переходного канала при различной интенсивности аэродинамических следов, задаваемой изменением частоты вращения колеса-имитатора.

Получены следующие результаты:

1. Аэродинамический след от колеса-имитатора распространяется практически на всю длину модельного переходного канала; в результате турбулизации потока профиль меридиональной скорости становится более наполненным; течение становится закрученным (cu/r=const).

2. Влияние турбулизации потока на течение в пристеночных областях канала неоднозначно; при n=1500 об/мин наблюдается существенное снижение потерь в модельном переходном канале (в 2,5 раза) по сравнению с n=0; дальнейшее увеличение n до 1800 и 2100 об/мин ведет к увеличению потерь на 3 и 6% соответственно по сравнению с n=1500 об/мин.

Experimental study of the gas dynamic efficiency of the interturbine duct in the presence of an aerodynamic wakes from a high-pressure turbine modeled with a spoke-wheel

Karelin O.O., Remizov A.E.
RSATU, Rybinsk

Turbines of gas generators of modern energy-efficient gas turbine engines are fulfilled by highly loaded ones, and their aerodynamics is characterized by a complex spatial structure and periodic nonstationarity. These circumstances must be taken into account at all stages of the design of the integrated turbine system. At present, the actual direction is the study of the aerodynamics of the elements of the integrated turbine system in the conditions of the aerodynamic wakes from the impellers.

In the present work, an experimental modeling of the aerodynamic wakes in the interturbine duct of the GTE turbine was performed using a spoke-wheel. The experimental stand included an aerodynamic tube, a computer measuring system, the system under investigation (an annular channel with an electric drive spoke-wheel, a model interturbine duct). To measure the total pressures in the control sections of the model, a single-point probe was used, and the angles of the flow were angular probe.

The model interturbine duct investigated was a circular expanding channel with geometric parameters corresponding to the natural interturbine ducts of GTE turbines (expansion ratio 2.2, relative length 5.4). The spoke-wheel was driven into rotation by an electric motor. To perform the kinematic similarity and the Strukhal criterion, characterizing the periodic nonstationarity, the flow coefficient varied in the range 1.02 ... 0.73, which corresponded to full-scale turbine turbine engines. The Reynolds number was 100000. The program of the experiment included the study of the distribution of velocities along the length of the channel, the angles of the flow, the determination of the loss coefficient of the annular and model interturbine duct for various aerodynamic wakes, given by the change in the rotational speed of the spoke-wheel.

The following results were obtained:

1. The aerodynamic wakes from the imitation wheel extends practically to the entire length of the model interturbine duct; as a result of flow turbulence, the meridional velocity profile becomes more full; the flow becomes twisted (cu / r = const).

2. The effect of flow turbulence on the flow in the near-wall regions of the channel is ambiguous; at n = 1500 rpm, there is a significant reduction in losses in the model interturbine duct (by 2.5 times) as compared to n = 0; a further increase in n to 1800 and 2100 rpm leads to an increase in losses by 3 and 6%, respectively, compared with n = 1500 rpm.

Методика исследований лопаток ГТД с покрытиями с воспроизведением их теплового состояния

[1]Картавцев А.С., [2]Лепешкин А.Р., [2]Ильинская О.И.
[1]РТИ им. А.Л. Минца, [2]МАИ, г. Москва

Для обеспечения работоспособности высокоэффективных авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) и установок новых поколений необходимо создание новых жаропрочных материалов, а также улучшение защиты деталей высокотемпературного тракта ГТД с помощью теплозащитных и жаростойких покрытий. При создании теплозащитных (теплобарьерных) покрытий требуется проводить исследования их термоциклического ресурса совместно с промежуточным жаростойким покрытием и защищаемым материалом лопатки турбины в условиях скоростного нагрева и охлаждения при испытаниях с учетом эксплуатационных условий. В данной работе проведены исследования лопаток турбин ГТД с теплобарьерными (ТБП) и жаростойкими

покрытиями с воспроизведением их теплового состояния при циклических испытаниях. Представлена расчетно-экспериментальная методика исследований теплового состояния рабочих лопаток турбин ГТД с ТБП, полученными электронно-лучевым методом нанесения со столбчатой структурой, в условиях высокочастотного нагрева (ВЧ) при термоциклических испытаниях лопаток и образцов с керамическими ТБП на основе диоксида циркония на специальном стенде с ВЧ генератором.

В разработанной расчетно-экспериментальной методике исследований рассматриваются и используются ВЧ индукционный нагрев металлического и керамического материалов, диэлектрический нагрев керамики, воспроизведение теплового и термонапряженного состояния лопатки турбины с ТБП с учетом электрофизических свойств керамики при термоциклических испытаниях. Приведен анализ мероприятий по повышению долговечности лопаток турбин ГТД с использованием результатов циклических испытаний лопаток с жаростойкими и теплобарьерными керамическими покрытиями. Получены результаты исследований влияния жаростойких покрытий (с применением технологии горячего изостатического прессования (ГИП) материала лопаток) и керамических ТВП на термоциклическую долговечность (малоцикловую усталость) лопаток турбин ГТД. Показана эффективность указанных мероприятий по повышению долговечности лопаток турбин ГТД.

Method of investigations of GTE blades with coatings with reproduction of their thermal state

[1]Kartavtsev A.S., [2]Lepeshkin A.R., [2]Il'inskaya O.I.

[1]RTI im.Mintz, [2]MAI, Moscow

It is necessary to create new heat-resistant materials, as well as to improve the protection of parts of the high-temperature GTE tract with the help of heat-shielding and heat-resistant coatings to provide the working capacity of highly effective aviation gas turbine engines (GTE) and new generation installations. When creating heat-shielding (heat-barrier) coatings, the investigations should be carried out to determine their thermocyclic resource together with the intermediate heat-resistant coating and the protected material of the turbine blade under conditions of high-speed heating and cooling during testing taking into account operating conditions. In this paper, the GTE turbine blades with heat-barrier (HBC) and heat-resistant coatings with the reproduction of their thermal state during cyclic tests were investigated. The calculated and experimental method for studying the thermal state of GTE turbine blades with HBCs is presented. The HBCs with a columnar structure were obtained with the help of the electron-beam method of a deposition. The investigations were carried out under high- frequency heating (HF) conditions during thermal cyclic testing of the blades and samples with a ceramic HBC based on a dioxide zirconium on a special stand with a high-frequency generator. In the developed calculated and experimental method for a studying, the HF induction heating of metallic and ceramic materials, the dielectric heating of the ceramic, the reproduction of the thermal and thermo-stressed state of the turbine blade with the HBC taking into account the electrophysical properties of the ceramic during thermocycling tests are considered and used.

The analysis of the techniques to increase the durability of the GTE turbine blades using the results of cyclic testing of blades with heat-resistant and heat-barrier ceramic coatings is given. The results of studies of the effect of heat-resistant coatings (using hot isostatic pressing technology of blade material) and ceramic HBCs on thermal cyclic durability (low cycle fatigue) of GTE turbine blades are obtained. The effectiveness of these techniques to improve the durability of turbine blades GTE is shown.

Современные направления исследований газотурбинных двигателей изменяемого рабочего процесса

Кизеев И.С., Эзрохи Ю.А., Дрыгин А.С.
ЦИАМ, г. Москва

Известное из теории фундаментальное свойство многорежимных двухконтурных турбореактивных двигателей, сводящееся к противоречию при определении их технического облика для удовлетворения основных требований - высокой удельной тяги на максимальных режимах и низкого удельного расхода топлива на пониженных крейсерских режимах полета - для двигателей традиционных схем обычно решается путем определенного компромиссного решения при выборе его основных параметров и, прежде всего, значения степени двухконтурности.

Применение на двигателе технологий изменяемого рабочего процесса, позволяющих отчасти «подстроить» рабочий процесс в двигателе под основные режимы его работы, позволяет в значительной степени разрешить вышеотмеченное противоречие за счет подбора значения степени двухконтурности, наилучшего для каждого режима работы и приближающего характеристики двигателя к оптимальным.

Одной из наиболее привлекательных технологий изменяемого рабочего процесса является технология третьего контура, активно исследуемая и обсуждаемая у нас и за рубежом. Она заключается в формировании отдельного перекрываемого канала для управления расходом воздуха, протекающим мимо газогенератора. Предложено множество схем и вариантов исполнения в рамках применения данной технологии.

Данная технология активно прорабатывалась в рамочной программе ВВС США VAATE (Versatile Affordable Advanced Turbine Engine) в серии исследовательских программ ADVENT (Adaptive Versatile Engine Technology) – AETD (Adaptive Engine Technology Demonstrator) – AETP (Adaptive Engine Transition Program). По итогам данных научно-исследовательских работ были созданы демонстраторы узлов и двигателей, проведены их испытания. В следующей рамочной программе ATTAM (Advanced Turbine Technologies for Affordable Mission capabilities) предполагается продолжить изучение и использование данной технологии на серийных двигателях.

Параллельно в России проводились как обобщенные исследования различных схем, так и специализированные, поясняющие некоторые аспекты применения технологии третьего контура в составе уже силовой установки или летательного аппарата в целом.

Результаты проведенных в течение нескольких последних лет исследования двигателей изменяемого рабочего процесса с применением технологий третьего контура показали принципиальные возможности улучшения основных данных такого двигателя как на дозвуковых крейсерских режимах (повышение экономичности на 12-15%), так и на сверхзвуковых скоростях (повышение тяговых характеристик до 20%).

Modern directions of adaptive gas turbine engines researches

Kizeev I.S., Ezrokhi Y.A., Drygin A.S.
CIAM, Moscow

The fundamental property of multimode bypass turbojets reduced to the contradiction at definition of their technical shape for satisfaction of the basic requirements known from the theory - high specific thrust on the maximum modes and low specific fuel consumption on the lowered cruiser modes of flight - for engines of traditional schemes usually implements by the certain conciliatory proposal at a choice of its key parameters and, first of all, values of bypass ratio.

Application on the engine of adaptive technologies allowing partly to "arrange" working process in the engine under the basic modes of its work, allows to resolve substantially the above-mentioned contradiction at the expense of selection of value of bypass ratio, the best for each operating mode and the engine approaching characteristic to the optimum.

One of the most attractive adaptive technologies is the third contour technology actively investigated and discussed at us and abroad. It consists in formation of the separate blocked

channel for management of the air expense proceeding by engine core. The set of schemes and variants of execution within the limits of application of the given technology is offered.

The given technology was actively studied in a framework US Air Forces program VAATE (Versatile Affordable Advanced Turbine Engine) in a series of research programs ADVENT (Adaptive Versatile Engine Technology) - AETD (Adaptive Engine Technology Demonstrator) - AETP (Adaptive Engine Transition Program). Following the results of the given research works demonstrators of modular units and engines have been created, their tests are conducted. In the following framework program ATTAM (Advanced Turbine Technologies for Affordable Mission capabilities) it is supposed to continue studying and use of the given technology on serial engines.

In parallel to Russia were spent both the generalized researches of various schemes, and specialized, explaining some aspects of application of technology third contour as a part of already power-plant or the aircraft as a whole.

Results conducted within several last years researches of adaptive engines with application of third contour technologies have shown basic possibilities of such engine specification improvement as on subsonic cruiser modes (efficiency increase on 12-15 %), and on supersonic speeds (increase of thrust characteristics to 20 %).

Определение тепловых потоков в высокочастотных ионных двигателях

Круглов К.И., Абгарян В.К.
МАИ, г. Москва

При работе высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД) происходит нагрев компонентов конструкции двигателя, который может влиять на его работу. Поэтому при проектировании двигателей выполняется численный расчет температур в его конструкции. Граничными условиями в численных моделях расчета являются тепловые потоки, падающие на поверхности двигателя, контактирующие с плазмой разряда. Выражения для тепловых потоков были впервые приведены Ван Ноордом [1] для ионного двигателя Кауфмана на постоянном токе. С незначительными отличиями те же выражения использованы во всех известных расчетных моделях [2,3] для теплового моделирования в ВЧИД.

Одна из составляющих тепловых потоков в ВЧИД образуется в результате ион-электронной рекомбинации на поверхностях газоразрядной камеры (ГРК) и электродов ионно-оптической системы (ИОС) с выделением энергии, соответствующей потенциалу ионизации атомов рабочего газа Ui. Около 2/3 этой энергии выделяется в виде фотонов из области ближнего УФ. В упомянутых тепловых моделях считается, что энергия ионизации eUi выделяется и поглощается стенкой целиком и в той же точке, где рекомбинация произошла. Это не соответствует физической картине процесса ион-электронной рекомбинации, так как образующиеся фотоны имеют распределение по пространству, скорее, близкое к изотропному. Поэтому только около половины фотонов, имеющих проекцию скорости, направленную к поверхности, будут поглощены. Оставшаяся часть фотонов уходит в окружающее пространство. Часть этого рекомбинационного излучения через отверстия в эмиссионном электроде (ЭЭ) попадает на ускоряющий электрод, увеличивая суммарный тепловой поток на электрод примерно на 40%. Суммарные тепловые потоки на поверхности ГРК и ЭЭ при этом уменьшаются менее значительно – примерно на 3-5%. Таким образом, на поверхностях ГРК и электродов ИОС возникает дополнительной источник лучистой мощности, который следует ввести в расчетные модели.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № 9.9055.2017/БЧ).

Литература:

[1] Van Noord, J. L., Thermal Modeling of an Ion Thruster, Diss. University of Michigan (1999).

[2] Abgaryan V.K., Kruglov K.I., Thermal Model of RF Ion Thrusters and Ion Sources, J. Surf. Invest.: X-ray, Synchrotron Neutron Tech., T. 9, № 6, p. 1137-1143.

[3] Dobkevicius, M., Feili, D., A Coupled Performance and Thermal Model for Radio-frequency Gridded Ion Thrusters, Eur. Phys. J. D, V. 70, №. 11, p. 227.

Heat fluxes determination in radio-frequency ion thrusters

Kruglov K.I., Abgaryan V.K.
MAI, Moscow

During radio-frequency ion thruster (RIT) operation a heating of the thruster's components occurs, which could affect its parameters. Therefore, when designing ion thrusters, a numerical calculation of temperatures is performed. The heat fluxes incident the surfaces of the thruster are used as the boundary conditions in numerical models. Expressions for heat fluxes were first presented by Van Noord [1] for a Kaufman type DC ion thruster. With minor differences, the same expressions are used for thermal modeling of RIT in all known computational models [2,3].

One of the components of the heat fluxes in RIT is formed as a result of ion-electron recombination (IER) on the surfaces of the gas-discharge chamber (GDC) and grids of the ion-extraction system (IES) with the release of energy corresponding to the ionization potential of the plasma-forming gas atoms Ui. More than 2/3 of this energy is released in the form of photons from the near UV region. In the mentioned thermal models, it is accepted that the ionization energy eUi is released and absorbed by the wall in its entirety and at the same point at which the recombination occurred. This does not correspond to the physical pattern of the IER process since the resulting photons have a spatial distribution, more likely close to an isotropic one. Therefore, only about a half of the photons having a velocity projection directed toward the surface will be absorbed. The rest of the photons escape into the surrounding space. A part of this radiation reaches the accelerating grid through the holes in the emission grid (EG), increasing the total heat flux to the grid by about 40%. At the same time, the total heat flux onto the surfaces of the GDC and the EG decreases less - by about 3-5%. Thus, an additional source of radiant power appears on the surfaces of the GDC and grids of the IES, and such source should be introduced into the calculation models.

This work was supported by the Ministry of Science and Education of the Russian Federation in the framework of Government Order (project No. 9.9055.2017/BCh).

References:

[1] Van Noord, J.L., Thermal Modeling of an Ion Thruster, Diss. University of Michigan (1999).

[2] Abgaryan V.K., Kruglov K.I., Thermal Model of RF Ion Thrusters and Ion Sources, J.Surf.Invest.: X-ray, Synchrotron Neutron Tech.,T.9,№ 6,p.1137-1143.

[3] Dobkevicius, M., Feili, D., A Coupled Performance and Thermal Model for Radio-frequency Gridded Ion Thrusters, Eur.Phys.J.D, V.70, №. 11.,p.227.

Отработка стационарного плазменного двигателя СПД-100ВТ

Купреева А.Ю., Ким В.П., Меркурьев Д.В., Шилов Е.А.
МАИ, г. Москва

Для расширения спектра задач по применению стационарных плазменных двигателей (СПД) в МАИ и ОКБ «Факел» в качестве индустриального партнера разработан двигатель СПД-100ВТ мощностью 3 кВт и тягой не менее 180 мН [2]. Основным отличием этого двигателя от серийных образцов СПД-100 является вынесение слоя ионизации и ускорения (СИУ) и расширение выходной части ускорительного канала за пределами плоскости полюсов магнитной системы. Такие изменения позволили снизить поток ускоренных ионов на стенки разрядной камеры и соответствующие потери энергии, что обеспечило возможность длительной работы двигателя с повышенными расходами рабочего газа. Повышение расхода позволило уменьшить толщину СИУ и разместить его, а вмести с ним и зоны эрозии стенок в расширенной части канала. Введенные изменения

создают предпосылки для достаточно большого ресурса двигателя при работе на режимах с повышенной тягой.

Результаты разработки и исследования характеристик лабораторной модели и макетного образца двигателя СПД-100ВТ подтвердили возможность их длительной работы с мощностью разряда 3,0-3,1 кВт, тягой не ниже 190 мН, удельным импульсом не менее 1900с. Анализ эрозии стенок показал, что зоны эрозии расположены за пределами плоскости полюсов магнитной системы, это обеспечивает возможность повышения ресурса двигателя за счет увеличения толщины выходных торцов стенок. Результаты измерения показали, что скорость эрозии стенок канала в 2-3 раза превышает скорость эрозии в серийных образцах двигателей СПД-100 при сопоставимых расширениях канала, что можно объяснить недостаточной приработкой. После 100-150-часов работы скорости эрозии будут сопоставимы.

Таким образом, результаты стендовой отработки подтвердили возможность получения высокого уровня тягового КПД и удельного импульса тяги двигателя СПД-100ВТ, превышающего соответствующий уровень у двигателя СПД-100, и возможность получения достаточно большого его ресурса на режиме работы с тягой, более чем в 2 раза выше тяги серийного двигателя.

Литература:

1. Ким В.П., Семенкин А.В., Хартов С.А. «Конструктивные и физические особенности двигателей с замкнутым дрейфом электронов» - Москва: МАИ 2016 – 118 с.

2. Работа выполнена в научно-исследовательском институте прикладной механики и электродинамики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Соглашения о предоставлении субсидии МАИ № 14.577.21.0231. Уникальный идентификатор проекта – RFMEFI57716X0231.

Stationary plasma thruster SPT-100HT refinement

Kupreeva A.Y., Kim V.P., Merkurev D.V., Shilov E.A.
MAI, Moscow

To widen the task range of using stationary plasma thrusters (SPT) MAI and EDP «Fakel» (as an industrial partner) developed the SPT-100HT thruster of 3kWt discharge voltage and thrust at least 180mN [2]. This thruster differs from the serial SPT-100 samples mainly with the positioning of the ionization and acceleration layer (IAL) and widened exit part of the accelerating channel outside the magnetic system poles plane. Such changes enables to lower the accelerated ions flow to the discharge chamber walls and according energy losses. This, in turn, made long operating of the thruster on increased propellant mass-flow possible. The increasing the mass-flow let decrease the IAL thickness and place it as well as the erosion zones within the widened channel part. Together the applied changes allow to create the premises for ensuring sufficiently long life-time of the thruster while operating on increased thrust modes.

The results of R&D of the laboratory model and an operating sample of SPT-HT proved their ability of long-term operating with the discharge power 3,0-3,1kWt, at least 190mN thrust, and at least 1900s specific impulse. The walls erosion analyses showed that erosion zones are located beyond the magnetic system poles plane that ensures the ability to increase the thruster life-time through widening of the end faces of the walls in their exit part. The measurements results showed that the velocity of the erosion of the walls is 2-3 times higher than of the serial SPT-100 thrusters with comparable channels widening. After 100-150 hours of working the velocities will be comparable due to bedding.

Thus, the results of refinement on the test bench ensured the ability to achieve high level of thrust efficiency and specific thrust impulse of the SPT-100HT thruster, which exceeds the according level of the SPT-100, and also an ability to achieve sufficiently long life-time on the operating mode with thrust more than twice as high as the serial thruster level.

References:

1. Kim V.P., Semenkin A.V., Khartov S.A. Konstruktivnie I phisicheskie osobennosti dvigatelei s zamknutym dreifom electronov. Moscow, MAI, 2016 – 118p.

2. The work was carried out in Research Institute for Applied Mechanics and Electrodynamics, Moscow Aviation Institute (National Research University) with the support of the Russian Federation Ministry of Education and Science according to the Grant agreement for MAI № 14.577.21.0231. Project unique identifier – RFMEFI57716X0231.

Динамическая модель подшипника в LS-DYNE

Лебедев М.В.
ОДК-Сатурн, г. Рыбинск

Долговечность шарикового радиально-упорного подшипника определяется тепловыми и силовыми нагрузками, воздействующими на него в допустимых диапазонах эксплуатации. Модель усталостного отказа подшипника корректно описывается ГОСТ 18855-2013 при обеспечении необходимых условий применения: ОСТ 1 00323-79 (требования к посадочным местам под подшипник) и ГОСТ 3325-85 (допустимые углы перекоса колец подшипника). Соблюдение указанных выше требований не всегда может гарантировать точный прогноз отказа подшипника, так как при работе могут возникать отклонения кинематических движений деталей подшипника от нормы.

Для определения условий возникновения отклонений движения шариков и сепаратора построена динамическая модель радиально-упорного подшипника типоразмера 126308 в LS-DYNE.

Для формирования диагностических признаков отклонений движения шаров и сепаратора по показаниям тензорезисторов с помощью модели проверены два случая нагружения:

• Осевая нагрузка 600 кгс, радиальная нагрузка от дисбаланса 2 кгс (работа ротора с минимальным дисбалансом);

• Осевая нагрузка 0, радиальная нагрузка от дисбаланса 40 кгс (перекладка осевого усилия).

Для первого случая орбита движения шаров чёткая, с ярко выраженными пиками, орбита движения шаров находится практически в плоскости номинального угла контакта шаров с кольцами, размах траектории в осевом направлении определен перемещением сепаратора.

Для второго случая орбита движения шаров смазанная, и лежит не в плоскости номинального угла контакта шаров с кольцами, что говорит о проскальзывании и закрутке шаров.

Верификация модели выполнена на основе экспериментальных данных по показаниям тензорезисторов, установленных при испытаниях на наружном кольце подшипника. Расчётная амплитудно-частотная характеристика настроенной модели совпала амплитудно-частотной характеристикой, определённой экспериментально.

Модель подшипника, построенная в LS-DYNE, позволяет подробно анализировать динамические процессы, происходящие в подшипнике при различных условиях нагружения.

Bearing Dynamic Model in LS-DYNE

Lebedev M.V.
UEC-Saturn, Rybinsk

The endurance period of a radial thrust bearing is conditioned by thermal and power loads affecting the bearing within the acceptable operational ranges. The model of the bearing fatigue failure is correctly described in GOST 18855-2013 while ensuring the required application conditions: OST 1 00323-79 (requirements for the bearing mounting seats) and GOST 3325-85 (allowable bearing race azimuth angles). Observance of the above-mentioned requirements cannot always guaranty the exact bearing failure prediction, because during the bearing operation deviations of the kinematic motion of parts from the norm can occur.

To determine the conditions of the balls and the bearing cage motion deviation occurrence, a dynamic model of a radial thrust bearing of the nominal size 126308 was constructed in LS-DYNE.

In order to form the diagnostic features of the ball and the cage motion deviations based on the strain gage readings, two loading cases have been checked with the help of the model:

• Axial load 600 kgf, radial unbalance load 2 kgf (rotor operation with minimum unbalance);

• Axial load 0, radial unbalance load 40 kgf (axial force reversal).

As for the first case, the balls orbit is clear, with demonstrated peaks; the balls orbit lies practically within the plane of the nominal angle contact of the balls with the rings; the peak-to-peak trajectory in the axial direction is determined by the cage motion.

As for the second case, the balls orbit is fuzzy; it does not lie within the plane of the nominal angle contact of the balls with the rings, which indicates the sliding motion and the balls spinning.

The model verification has been performed based on the experimental data based on the strain gage readings, installed during the tests on the bearing outer race. The design amplitude-frequency characteristic of the configured model coincided with the amplitude-frequency characteristic obtained from the experiments.

The bearing model constructed in LS-DYNE allows carrying out a detailed analysis of the dynamic processes arising within the bearing under various loading conditions.

Исследование локальных параметров плазмы в разрядной камере высокочастотного ионного двигателя с дополнительным магнитным полем

Мельников А.В., Хартов С.А., Кожевников В.В.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы являлось экспериментальное исследование локальных параметров плазмы (температуры и концентрации электронов) в одном из поперечных сечений газоразрядной камеры (ГРК) высокочастотного ионного двигателя (ВЧ ИД) с источником дополнительного внешнего постоянного магнитного поля - соленоидом. Для проведения данного исследования использовался зондовый метод диагностики плазмы. Для этого была собрана лабораторная модель ВЧИД-8 конструкция, которой позволяла произвести введение электростатического зонда в объём ГРК.

Для получения распределения температуры и концентрации электронов по радиусу разрядной камеры использовалась, не требующая дополнительных средств компенсации высокочастотных (ВЧ) помех, методика диагностики параметров плазмы тройным электростатическим зондом.

С целью минимизации искажения зондовых измерений было произведено моделирование магнитных полей в области ГРК и определён минимальный радиус Лармора для электронов с энергией 5 эВ, что соответствует средней энергии электрона в ГРК ВЧ ИД, определенный в работах. Это позволило рассчитать оптимальную длину коллекторов зонда, которая составила 5 мм при диаметре 0,2 мм. Материалом коллекторов зонда был выбран устойчивый к распылению и нагреву сплав вольфрама и рения ВР20.

Локальные характеристики плазмы снимались в сечении ГРК на расстоянии 7 мм от эмиссионного электрода ионно-оптической системы (ИОС). Было рассмотрено три режима работы двигателя: при расходе рабочего тела (РТ) - ксенона 2,24 sccm, мощности высокочастотного генератора (ВЧГ) 60 Вт и потенциалах эмиссионного и ускоряющего электродов 550 В и 80 В; при расходе РТ 2,87 sccm, мощности ВЧГ 82 Вт и потенциалах эмиссионного и ускоряющего электродов 650 В и 200 В; и при расходе 3,98 sccm, мощности ВЧГ 98 Вт и потенциалах эмиссионного и ускоряющего электродов 750 В и 200 В. Регистрация данных с каждого из этих режимов работы ВЧ ИД производилась для токов 0, 3, 6 и 9 А в обмотке источника дополнительного магнитного поля.

Результатом выполненной работы являются полученные распределения концентрации и температуры электронов по радиусу ГРК, демонстрирующие влияние дополнительного постоянного магнитного поля в области ВЧ разряда на локальные параметры плазмы. Как

и ожидалось использование дополнительного магнитного поля приводит к увеличению концентрации и температуры электронов, особенно в центре разрядной камеры, где индукция дополнительного постоянного магнитного поля максимальна и в большей степени способствует удержанию электронов в объёме ВЧ разряда.

Research of local plasma parameters in the discharge chamber of the high-frequency ion thruster with an additional magnetic field

Melnikov A.V., Khartov S.A., Kozhevnikov V.V.
MAI, Moscow

The purpose of this work was the experimental research of the local plasma parameters in one of the cross sections of the gas-discharge chamber (GDC) of the high-frequency ion engine (RIT type) with a source of an additional external constant magnetic field. To perform this research had been used the probe method of plasma diagnostics. For this purpose, a laboratory model of the RIT-8 which design had allowed to introduce the electrostatic probe into the volume of the GDC had been created.

To obtain the distribution of temperature and density of electrons by the radius of the discharge chamber, a method of diagnostic of plasma parameters with a triple electrostatic probe had been used.

To minimize the distortion of probe measurements, the modelling of magnetic fields in area of the GDC had been made and the minimum Larmor radius for electrons with an energy of 5 eV had been determined. This had made it possible to calculate the optimum length of the collectors of the probe. Resistant to sputtering and heating alloy of tungsten and rhenium BP20 had been chosen as the material of the probe collectors.

The local characteristics of the plasma had been metering in the GDC cross section at 7 mm from the emission electrode of the ion-optical system (IOS). Three modes of operation of the engine had considered: at the consumption of the working medium (WM) - xenon 2.24 sccm, at the power of the high-frequency generator (HFG) 60 W and the potentials of the emission and accelerating electrodes 550 V and 80 V; at the consumption of 2.87 sccm, at the power 82 W and the potentials 650 V and 200 V; and at the consumption of 3.98 sccm, at the power of 98 W, and the potentials of 750 V and 200 V. Registration of data from each of these operating modes of the RIT had produced for currents of 0, 3, 6 and 9 A in the winding of the source of an additional magnetic field.

The result of the performed work is the obtained distributions of the density and temperature of electrons by the radius of the GDC, demonstrating the influence of an additional constant magnetic field in area of the HF discharge on the local plasma parameters. As expected, using of an additional magnetic field leads to an increasing of the density and temperature of the electrons, especially in the center of the GDC, where the induction of an additional magnetic field is maximal and more conducive to the retention of electrons in the volume of the HF discharge.

Многофункциональные лазерные энергетические установки на основе волоконных лазеров

Метельников А.А., Авдеев А.В.
МАИ, г. Москва

Задачи очистки околоземного пространства и борьбы с астероидной угрозой характеризуются высокой относительной скоростью сближения объектов с космическими аппаратами (КА) >10 км/с, большими дальностями >100 км и малым временем воздействия < 10 с.

Традиционно для решения подобных задач рассматриваются твердотельные лазеры на основе кристаллов и химические лазеры. Однако развитие современной техники позволяет рассматривать для решения этих задач еще и волоконные лазеры. В таких лазерах из-за соотношения площади поперечного сечения к длине активной среды в волоконных лазерах позволяет более эффективно, по сравнению с твердотельными лазерами на основе

кристаллов, решать вопрос отвода тепла. Кроме этого, по сравнению с газовыми и химическими лазерами, лазерные энергетические установки (ЛЭУ) на основе волоконных лазеров имеют меньшие массогабаритные характеристики. И, наконец, КПД волоконных лазеров превосходит КПД других типов лазеров и превышает значение 20%. Поэтому волоконные лазеры уже сегодня рассматриваются для решения задач передачи энергии в космическом пространстве [1]. Однако оптическая прочность активной среды волоконных лазеров позволяет получить пиковую энергию в импульсе порядка ≈0,1..10 мДж, что недостаточно для решения задач борьбы с фрагментами космического мусора (ФКМ) и борьбы с астероидной угрозой.

Проблема достижения требуемой энергии в импульсе решается использованием массива совмещенных по фазе волоконных лазеров (проект ICAN) [2]. В таком случае получаемая энергия в импульсе составит от 1 до 100 Дж. Применение подобных технологий позволяет рассматривать использование волоконных лазеров для решения задач борьбы с ФКМ и астероидной угрозой наравне с другими типами лазеров.

В работе приводятся схемы ЛЭУ на основе волоконных лазеров для решения задач борьбы с ФКМ, астероидной угрозой и передачи энергии. Разработана математическая модель, позволяющая проводить параметрический синтез и анализ ЛЭУ на основе волоконных лазеров. Рассмотрены особенности реализации непрерывного и импульсного режимов в таких установках. Полученные результаты могут быть использованы для разработки многофункциональных лазерных энергетических установок.

Литература:

1. Nayfeh T., Fast B. et all. NASA/TM-2011-217009 (2011)

2. Soulard, Remi & Quinn, Mark & Tajima, Toshiki & Mourou, Gérard. (2014). ICAN: A novel laser architecture for space debris removal. Acta Astronautica. 105. 192–200.

Multifunctional laser power plants based on fiber lasers

Metelnikov A.A., Avdeev A.V.

MAI, Moscow

The space debris removal and combating asteroid threat is characterized by a high relative speed of approaching objects with space vehicles> 10 km / s, large range > 100 km and short exposure time <10 s. Traditionally, rod solid-state lasers and chemical lasers are considered to solve this problems. However, the development of modern technology makes it possible to consider fiber lasers for solving these problems.

So, the ratio of surface area to active volume of optical fibers enable more effective dissipation of heat than traditional media of rode solid –state lasers. Also laser power plant (LPP) based on fiber lasers has smaller mass and size characteristics than LPP based on gas and chemical lasers. And, finally, the efficiency of fiber lasers exceeds the efficiency of other types of lasers and exceeds the value of 20%. Therefore, fiber lasers are already being considered for solving problems of energy transfer in outer space [1].

However, the critical optical damage threshold of the active medium of fiber lasers makes it possible to obtain a peak energy in the laser pulse of the order of ≈0.1..10 mJ. That is not enough for space debris removal and to combat with asteroid threat.

The problem of achieving the required energy in a pulse using an array of phase-combined fibers (ICAN project) [2]. The required energy in a pulse is achieved with using an array of phase-combined fibers (ICAN project). In this case, the energy received in the pulse will be from 1 to 100 J. The use of such technologies makes it possible to consider the use of fiber lasers for space debris removal and combating asteroid threat along with other types of lasers. This makes fiber lasers more attractive for use in promising space programs.

In the paper, schemes of multifunctional LPP’s based on fiber lasers for space debris removal, combating asteroid threat, energy transfer and mathematical model are presented. Mathematical model allow makes parametric synthesis and analysis of multifunctional LPP’s based on fiber lasers. Also, the features of the realization of the continuous and pulsed regimes in such LPP's are considered. The results obtained can be used to develop multifunctional LPP’s.

References:
1. Nayfeh T., Fast B. et all. NASA/TM-2011-217009 (2011)
2. Soulard, Remi & Quinn, Mark & Tajima, Toshiki & Mourou, Gérard. (2014). ICAN: A novel laser architecture for space debris removal. Acta Astronautica. 105. 192–200.

Термомеханические процессы в высокочастотном ионном двигателе средней мощности

Могулкин А.И., Обухов В.А., Балашов В.В., Круглов К.И.
МАИ, г. Москва

Во время разработки конструкции высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД) необходимо учитывать влияние на его работу высокой тепловой нагрузки и, как следствие, тепловых деформаций его узлов. В наибольшей степени указанная проблема относится к узлу ионно-оптической системы. В лабораторном образце (ЛО) ВЧИД-16 мощностью 2-2,5 кВт используются электроды, изготовленные из титанового сплава марки ВТ1-0. Для корректного функционирования двигателя температура титановых сплавов в конструкции ИОС не должна превышать 4000С. Элементом с наибольшей тепловой нагрузкой в узле ИОС является эмиссионный электрод (ЭЭ), и указанное ограничение по температуре относится, в первую очередь, к этому элементу. Однако на данном этапе работы был произведено исследование поведения ускоряющего электрода (УЭ) под тепловой нагрузкой.

В работе приводятся результаты расчетного и экспериментального исследования по определению предельного режима работы ЛО ВЧИД-16 по величине подводимой ВЧ мощности, обусловленного данным ограничением. Эксперименты проводились для конструкции с полусферической газоразрядной камерой (ГРК) из нитрида кремния на разрядном режиме работы. В расчетной модели теплофизических процессов в ЛО ВЧИД параметром, определяющим тепловую нагрузку, является плотность ионного тока ji, выпадающего из плазмы на стенки ГРК и поверхность ЭЭ, а также характеризующим плотность ионного тока в пучке ионов. В экспериментах, при постоянном значении расхода ксенона 1,6 мг/с, определялись: доля подводимой ВЧ мощности, поглощаемой плазмой; температура УЭ бесконтактным способом при помощи тепловизора и при помощи термопар; изменение прогиба УЭ в зависимости от подводимой ВЧ мощности.

Экспериментально определено, что плотность ионного тока в диапазоне 6,5 – 7,5 мА/см2, получается для ЛО ВЧИД-16 при мощности, подводимой к индуктору от высокочастотного генератора (ВЧГ), в диапазоне 300 – 350 Вт, при этом, мощность абсорбируемая плазмой, составляет 260-305 Вт. Расчетное значение ионного тока пучка для ЛО ВЧИД-16 с диаметром пучка 160 мм и геометрической прозрачностью ЭЭ □F=0,51 при плотности ионного тока j=6,5 мА/см2 равно 0,66 А, а удельные энергозатраты на ионизацию - около 450 Вт/А. Изменение величины прогиба УЭ составило 0,155 мм, что лежит в пределах погрешности расчета и эксперимента. Экспериментальные результаты сравнивались с расчетными, полученными с использованием созданных в НИИ ПМЭ МАИ тепловой и термомеханической моделей ЛО ВЧИД-16.

Thermomechanical processes in radio-frequency ion thruster of medium power

Mogulkin A.I., Obukhov V.A., Balashov V.V., Kruglov K.I.
MAI, Moscow

While designing radio-frequency ion thruster (RIT), it is necessary to take into account the influence of high thermal load and, as a result, of the thermal deformations of its units on its operation. This problem relates mostly to the ion-extraction system (IES). The IES electrodes for the laboratory model (LM) of 2-2.5 kW RIT-16 were made of titanium alloy VT1-0. For the proper operation of the thruster, the temperature of titanium alloys used for the IES structure should not exceed 400°C. The emission grid (EG) is the IES component exposed to the greatest thermal load, and the mentioned temperature limitation refers primarily to this component.

However, at this stage of work, the behavior of the accelerating electrode (AE) under thermal load was studied.

Results of the computational and experimental study aimed at the definition of the marginal operation mode for the RIT -16 LM in the RF power input conditioned by above limitation are presented. A model with silicon-nitride hemispherical gas-discharge chamber (GDC) was used for tests at the discharge mode. In the calculation model for thermal processes in RIT, the density ji of the ion current reaching the GDC walls and the EG surface from plasma and characterizing the ion current density in the ion beam was the parameter defining the thermal load. In experiments, the following parameters were determined at the constant xenon flow rate of 1.6 mg/s: the share of the supplied RF power absorbed by plasma; the temperature of the AG - in a non-contact way using a thermal imaging camera and by thermocouples; and the AG deformation variation depending on the RF power input.

It was determined by test that the ion current density in the range of 6.5 – 7.5 mA/cm2 can be obtained with the RIT-16 LM at the inductor power supply from the RF generator of 300 - 350 W. At the same time, the power absorbed by plasma was 260-305 W. The calculated value of the beam ion current for the RIT-16 LM with the beam diameter of 160 mm and the EG geometrical transparence of 0.51 was 0.66 A, and specific energy consumption for ionization was about 450 W/A. Variation of the deformation of AG is 0.155 mm that being within the calculation and test errors limit. The experimental results were compared to those calculated using the thermal and thermomechanical models of RIT-16 LM developed at the RIAME MAI.

Влияние шероховатости деталей на работу авиационных двигателей

Назырова О.Р., Зубрилин А.М.
МАИ, г. Москва

Актуальность работы обусловлена в применении соответствующих средств измерений и контроля для определения параметров шероховатости деталей авиационных двигателей (далее – детали), которая напрямую влияет на корректную, и соответствующую заложенному ресурсу, работу авиационных двигателей.

Целью работы является установление влияния шероховатости деталей на работу авиационного двигателя и мониторинг типов средств измерений и контроля, применяемых для определения параметров шероховатости.

При производстве деталей применяют различные технологии изготовления, такие как:

1. монокристаллическая отливка;
2. заготовка, полученная методом штамповки;
3. литье в песчаные формы;
4. станки с числовым программным управлением и т.д.

В результате производства детали дополнительным этапом является механическая обработка поверхности детали для того, чтобы шероховатость поверхности детали соответствовала требованиям, заложенных в конструкторских документах на данную деталь.

Параметры шероховатости поверхности детали измеряются в микрометрах (в 1 миллиметре 1000 микрометров), но оказывают колоссальное влияние на работу авиационного двигателя в целом. Основными проблемами, возникающими по причине несоответствующей обработки детали (некорректное измерение шероховатости) являются:

1. нарушение характера сопряжения деталей;
2. разрушение контактирующей с ней различного рода уплотнения;
3. снижение усталостной прочности деталей;
4. влияние на герметичность соединений;
5. возникновение и быстрое распространение коррозии деталей и т.д.

В настоящее время существует множество средств измерений и контроля шероховатости поверхности деталей. Определение шероховатости поверхностей детали разделяют на два основных вида:

1. Качественный контроль.

2. Количественный контроль.

Для определения шероховатости поверхности детали с применением качественного контроля используют: наборы или образцы шероховатости, а также микроскопы.

При измерении шероховатости поверхности детали с применением количественного контроля используют:

• Приборы светового сечения;
• Микроинтерферометры;
• Профилографы и профилометры;
• Координатно-измерительные машины.

В заключении необходимо отметить, что для обеспечения корректной работы авиационного двигателя и уменьшения количества бракованных деталей необходимо своевременно проводить контроль и измерение параметров шероховатости деталей, что в дальнейшем обеспечит безопасную эксплуатацию авиационных двигателей.

The influence of parts roughness on the operation of aircraft engines

Nazyrova N.R., Zubrilin A.M.
MAI, Moscow

The relevance of the work is due to the use of appropriate measurement and control tools to determine the parameters of the roughness of aircraft engine parts (hereinafter the parts), which directly affects the correct, and corresponding to the pledged resource, the operation of aircraft engines.

The purpose of the work is to establish the influence of the roughness of parts on the operation of the aircraft engine and monitoring the types of measuring instruments and control used to determine the roughness parameters.

In the production of parts used various manufacturing techniques, such as:

1. single crystal casting;
2. blank, obtained by stamping;
3. sand casting;
4. machines with numerical control, etc.

As a result of production of a detail the additional stage is mechanical processing of a surface of a detail in order that the roughness of a surface of a detail corresponded to the requirements put in design documents on this detail.

The parameters of the surface roughness of the part are measured in micrometers (in 1 mm 1000 micrometers), but have a huge impact on the operation of the air-craft engine as a whole. The main problems caused by improper machining (incorrect roughness measurement) are:

1. violation of the nature of mating parts;
2. the destruction of the contact with her a different kind of seal;
3. the decrease in the fatigue strength of components;
4. influence on tightness of connections;
5. the occurrence and rapid spread of corrosion of parts, etc.

Currently, there are many tools for measuring and controlling the surface roughness of parts. Determining the surface roughness of the part is divided into two main types:

1. Qualitative control.
2. Quantitative control.

To determine the surface roughness of the part using quality control using: sets or samples of roughness, as well as microscopes.

When measuring the surface roughness of the part with the use of quantitative control is used:

• Light section devices;
• Microinterferometers;
• The profilographs and profilometers;
• Coordinate measuring machines.

In conclusion, it should be noted that in order to ensure the correct operation of the aircraft engine and reduce the number of defective parts, it is necessary to monitor and measure the roughness parameters of parts in a timely manner, which in the future will ensure the safe operation of aircraft engines.

Анализ вариантов граничного условия «активный диск», заменяющего вентилятор в мотогондоле

Нгуен Вьет Хунг, Воронич И.В.
МФТИ, г. Долгопрудный

Моделирование взаимодействий между вентилятором и воздухозаборником (ВЗ) важно для задач интеграции авиационного двигателя и может проводиться с разной степенью детализации. Наиболее полным является подход на основе нестационарной 3D модели с учетом всех лопаток венца вентилятора и (при наличии) входного направляющего аппарата (ВНА). Однако такой подход слишком ресурсоемок для использования в процессах проектирования. Успешные примеры полного моделирования подчеркивают его научную значимость и позволяют понять аспекты, связанные с проектированием коротких ВЗ. Для анализа аэродинамической интерференции авиационного двигателя с элементами планера самолета может быть успешно использован подход с граничным условием типа «активный диск» («АД»).

В данной работе подробно изучается подход на основе граничного условия «АД», которое может заменять вентилятор в ВЗ при решении задач интеграции. С этой целью в работу включены: расчетное исследование характеристик модели одноступенчатого осевого компрессора в мотогондоле на основе предварительно валидированной методики; расчетное исследование с использованием различных вариантов граничного условия «АД», заменяющего компрессор в мотогондоле. В ходе исследования был проведен анализ распределений параметров потока, включая тангенциальную и осевую составляющие скорости перед и за ВНА. Рассмотрены варианты граничного условия «АД»: с фиксацией распределения статического давления, с фиксацией распределений компонент скорости, с фиксацией массового расхода. Для всех вариантов расчеты проведены на режиме N=0,7Nрасч, для первого варианта расчеты также проведены на режимах N=0,8Nрасч и N=0,9Nрасч. Все варианты дают хорошее согласие по интегральным характеристикам (с относительной погрешностью в основном в пределах 1%), но с точки зрения воспроизведения поля течения в ВЗ наилучшим вариантом оказывается «АД» с фиксацией распределения статического давления.

Методика с использованием граничного условия «АД» должна строиться на основе предварительного моделирования для получения «реалистичных» распределений переменных перед вентилятором в ВЗ. Методика пригодна для задач с не слишком сильным взаимодействием, когда можно считать, что используемые профили переменных пригодны при наличии возмущений на входе ВЗ. Методика показала свою работоспособность и точность и может быть рекомендована для дальнейшего использования.

Analysis of variants of boundary condition "actuator disc" replacing fan in nacelle

Nguyen Viet Hung, Voronich I.V.
MIPT, Dolgoprudny

Modeling interactions between fan and air intake is important for aircraft engine integration tasks and can be performed with varying degrees of detail. Complete approach is based on non-stationary 3D model, taking into account all blades of fan and (if available) inlet guide vanes (IGV). However, this approach is too resource-intensive to use in design processes. Successful examples of complete modeling emphasize its scientific importance and allow understanding aspects related to design of short intakes. To analyze aerodynamic interference of aircraft engine with elements of airframe, approach with boundary condition of actuator disc (AD) type can be successfully used.

In this paper, we study in detail approach based on boundary condition AD, which can replace fan in intake in solving integration problems. For this purpose, work includes: computational study of characteristics of transonic single-stage axial compressor model in nacelle based on pre-validated procedure; computational study using different variants of boundary condition AD replacing compressor in nacelle. In course of study, distributions of flow parameters, including tangential and axial components of velocity before and behind IGV, were analyzed. Variants of boundary condition AD are considered: with fixation of static pressure distribution, with fixation of velocity components distributions, with fixation of mass flow rate. Calculations were carried out for N=0.7Ndesign, for first variant calculations were also carried out for N=0.8Ndesign and N=0.9Ndesign. All variants give good agreement on integral characteristics (with relative error mainly within 1%), but for simulation of flow field inside air intake best option is AD with fixation of static pressure distribution.

Technique using boundary condition AD should be based on preliminary modeling to obtain "realistic" distributions of variables in front of fan in nacelle. Technique is suitable for problems with not too strong interaction, when it can be considered that profiles of variables used are suitable in presence of disturbances at input of intake. Technique has shown its efficiency and accuracy and can be recommended for further use.

Компетентностный подход в стандартизации в области подготовки кадров для двигателестроительной отрасли (на примере специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»)

Одинцова Е.И., Монахова В.П.
МАИ, г. Москва

С 1992 года система высшего образования Российской Федерации прошла через несколько поколений образовательных стандартов.

За это время государственные образовательные стандарты (ГОС) претерпели ряд изменений: менялись требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП), требования к условиям реализации ООП, требования к структуре ООП.

Основной отличительной чертой федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС ВПО 3 и ФГОС ВО 3+) является внедрение компетентностного подхода, при котором результаты освоения ООП задаются в виде компетенций, под которыми понимается симбиоз привычных «знаний, умений, навыков» и опыта практической деятельности.

В настоящее время, после выхода Федерального закона № 122 от 02.05.2015 «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и статьи 11 и 73 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», установившего, что «Формирование требований федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования к результатам освоения основных образовательных программ профессионального образования в части профессиональной компетенции осуществляется на основе соответствующих профессиональных стандартов (при наличии)» ведется разработка ФГОС ВО 3++, учитывающих это требование.

В работе приведен сравнительный анализ основных параметров государственных образовательных стандартов разных поколений. Показаны изменения структуры и требований к результатам освоения в образовательных стандартах в области двигателестроения. Представлены современные подходы к формированию ФГОС ВО 3++ и примерной основной образовательной программы (ПООП) по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

Competence approach in standardization in the field of training for the engine industry (on the example of specialty 24.05.02 “design of aircraft and rocket engines”)

Odintsova E.I., Monakhova V.P.
MAI, Moscow

Since 1992, the system of higher education of the Russian Federation has passed through several generations of educational standards.

During this time, the state educational standards (SES) have undergone a number of changes: the requirements for the results of the development of basic educational programs (BEP), the requirements for the conditions of the BEP, the requirements for the structure of the BEP.

The main feature of the Federal state educational standards of the third generation (FSES HE 3 and FSES HE 3+) is the introduction of a competence-based approach, in which the results of the development of the BEP are given in the form of competencies, which means a symbiosis of the usual "knowledge, skills" and practical experience.

Currently, after the release of the Federal law № 122 from 02.05.2015 "on amendments to the Labor code of the Russian Federation and articles 11 and 73 of the Federal law" on education in the Russian Federation", which established that "The formation of the requirements of the Federal state educational standards of vocational education to the results of the development of basic educational programs of vocational education in terms of professional competence is carried out on the basis of relevant professional standards(if any)" is being developed by the FSES HE 3++., taking into account this requirement.

The paper presents a comparative analysis of the main parameters of the state educational standards of different generations. Changes of structure and requirements to results of development in educational standards in the field of engine building are shown. Modern approaches to the formation of the FSES HE 3++ and the approximate basic educational program in the specialty 24.05.02 "Design of aircraft and rocket engines» are presented.

Исследование аэродинамических характеристик турбинных лопаточных венцов с подъемом средней линии проточной части

Осокина Е.С., Вятков В.В., Ремизов А.Е.
РГАТУ, г. Рыбинск

Проточная часть турбин современных ТРДД имеет в своем составе лопаточные венцы турбины с подъемом средней линии. Особенно это характерно для первых ступеней турбин низкого давления. Диагональность проточной части оказывает влияние на рабочий процесс в лопаточных венцах. Кроме того, для современных ТРДД характерно наличие межтурбинного переходного канала (МПК), который в большинстве случаев выполняется диффузорным.

Современная методология проектирования турбин основана на изучении характеристик осевых лопаточных венцов. Ее применение для первых ступеней ТНД приведет к ошибкам. Для лопаточных венцов турбины с подъемом проточной части актуально создание базы аэродинамических характеристик для создания методов проектирования, которые позволят получать требуемые характеристики турбины без достаточно длительных и дорогостоящих доводочных работ.

Авторами выполнен спектр исследований характеристик диагональных сопловых аппаратов турбины, работающих совместно с МПК. Аэродинамические характеристики таких венцов зависят от следующих факторов:

1) Конструктивной схемы турбины высокого давления (одноступенчатая или двухступенчатая)

2) Параметров за турбиной высокого давления, которые определяются ее размерностью и конструктивным исполнением радиального зазора рабочей лопатки.

3) Диффузорностью МПК (геометрическая и меридиональная)

4) Наличием силовых стоек в МПК

5) Форма образующих МПК

6) Угол подъема средней линии проточной части соплового аппарата

7) Размерность соплового аппарата первой ступени ТНД

Основная сложность создания методов проектирования диагональных сопловых аппаратов малой размерности состоит в том, что здесь не применима гипотеза об аддитивности потерь кинетической энергии. По результатам продувок решеток или численного расчета составляющие потерь выделить невозможно. Следовательно, сопоставление расчета и эксперимента нужно проводить по полным потерям и создавать инженерные методы их оценки. Для этого необходима база аэродинамических характеристик решеток, создание которой обеспечит учет всех факторов при проектировании диагональных лопаточных венцов.

Investigation of aerodynamic characteristics of turbine blade rows with the rising wheel space midline

Osokina E.S., Vyatkov V.V., Remizov A.Y.
RSATU, Rybinsk

The wheel space of current turbofan engines (TFE) has turbine blade rows with rising midline. This is especially typical for the first stages of low-pressure turbines (LPT). Diagonal wheel space effects on the working process in blade rows. In addition, current TFE are characterized by the presence of interturbine transition duct (ITD), which is typically made as diffusive.

Currently used turbine design methodology is based on the study of the axial blade rows parameters. The use of this methodology for the LPT first stages design leads to errors. For the blade rows with the rising wheel space midline it’s important to form a base of aerodynamic performance in order to create design methods, that will allow to obtain the required turbine characteristics without sufficiently long and expensive development works.

The authors carried out a spectrum of studies of characteristics of the turbine diagonal nozzle assemblies, which perform in combination with the ITD.

The aerodynamic characteristics of such blade rows depend on the following factors:

1) The structural design of the high-pressure turbine (HPT) (one-staged or two-staged).

2) The parameters behind the HPT, which are determined by its dimension and design of rotor blade tip clearance.

3) The diffusion of the ITD (geometrical and meridional).

4) The presence of support struts in the ITD.

5) The ITD generating line shape.

6) The angle of the nozzle assembly wheel space midline rise.

7) The dimension of the LPT first stage nozzle assembly.

The main difficulty in creating methods of low dimension diagonal nozzle assemblies design is that the hypothesis of kinetic energy losses additivity is not applicable in this case. The components of losses cannot be singled out based on purging or numerical calculation results. Therefore, the comparison of calculation and experiment should be carried out for total losses and the engineering methods of losses evaluation should be created. To do this, it is necessary to form the base of aerodynamic characteristics of cascade performance, which will ensure that all the factors are taken into account when designing diagonal blade rows.

Исследование влияния бокового ветра на аэродинамические характеристики крупномасштабного стенда ТРДД большой степени двухконтурности

Павлик С.В., Лысенков А.В., Матяш С.В., Савельев А.А.
ЦАГИ, г. Zhukovsky

В данной работе исследуется модель ТРДД большой степени двухконтурности (масштаб 1:4). Исследование проводится при различных скоростях набегающего потока с учётом бокового ветра. В расчёте присутствуют основные элементы конструкции: восьмилопастной передний и десятилопастной задний винты, мотогондола, обтекатель втулки, кольцевой вход во внутренний канал. Для моделирования работы внутреннего контура ставится граничное условие расхода. Проводится сравнение характеристик потока

перед вентилятором для двух постановок задач: с прямым моделированием вентилятора и с использованием граничного условия «активный диск».

В результате сравнения расчётных и экспериментальных данных выявлено, что расход воздуха через воздухозаборник, коэффициент восстановления полного давления, а также степень сжатия вентилятора моделируются с достаточной точностью (~1%). В ходе анализа характеристик на входе в двигатель при наличии бокового ветра выявлено, что на режимах со скоростями более 15м/с важен учёт количества ячеек расчётной сетки в связи с возникновением зон с отрывом потока. Зависимость характеристик потока на входе в двигатель от скорости бокового ветра имеется гистерезис. При моделировании работы двигателя с использованием граничного условия «активный диск» вместо прямого моделирования лопастей вентилятора увеличивается отрыв потока с кромки воздухозаборника.

Представленные результаты получены в рамках государственного контракта Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 17112.1770290019.18.016 на выполнение научно-исследовательской работы «Разработка методики расчёта аэродинамических характеристик входного устройства и вентилятора ТРДД большой тяги с моделированием их газодинамического взаимодействия и её применение для оптимизации входного устройства силовой установки», Шифр «Воздухозаборник-2» в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы».

Investigation of the influence of the crosswind on the aerodynamic characteristics of a high bypass ratio of turbofan

Pavlik S.V., Lysenkov A.V., Matyash S.V., Saveluev A.A.
TsAGI, Zhukovsky

In this paper investigated a turbofan of a high bypass ratio (scaled 1:4). The investigation is carried out at various velocities of the incident flow with allowance for the crosswind. In the calculation there are basic elements of the construction: an eight-bladed front and ten-bladed rear propellers, a nacelle, a hub spinner, an annular entrance to the inner channel. To simulate the operation of the internal circuit, the mass flow rate boundary condition is set. A comparison of the flow characteristics in front of the fan is performed for two sets of tasks: with direct fan simulation and using the «active disk» boundary condition.

As a result of comparison of calculated and experimental data, it was found that the air flow through the air intake, the total pressure recovery ratio, and the comparison ratio of the fan are simulated with sufficient accuracy (~1%). In analyzing the characteristics at the entrance to the engine in the presence of a crosswind, it is revealed that in regimes with velocities of more than 15 m / s, it is important to take into account the number of cells of the grid in connection with the occurrence of zones with flow separation. The dependence of the characteristics of the flow at the entrance to the engine on the speed of the crosswind has a hysteresis. When modeling the engine operation using the "active disk" boundary condition, instead of directly modeling the fan blades, the flow separation from the air intake edge increases.

The presented results were obtained within the framework of the state contract of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation № 17112.1770290019.18.016 for the performance of the research work "Development of a technique for calculating the aerodynamic characteristics of the input device and the fan of high thrust turbofan simulating their gas-dynamic interaction and its application for optimizing the input device of the power plant "," Air Intake-2 "code number within the framework of the state program of the Russian Federation" Development of aviation the Industry for 2013-2025 "

Источник ионов со слабо расходящимся ионным пучком

Пейсахович О.Д., Могулкин А.И., Кожевников В.В., Обухов В.А.
МАИ, г. Москва

Интерес к слабо расходящемуся ионному пучку обусловлен развитием идеи очистки околоземного космического пространства от крупногабаритных объектов космического мусора (ОКМ) путем воздействия на них интенсивным ионным пучком, инжектируемым с «сервисного» космического аппарата (далее СКА). Расстояние между СКА и ОКМ в процессе транспортировки ОКМ на орбиту захоронения должно превышать размеры обоих объектов. Это расстояние может составлять 30-60 м, что и определяет необходимую «дальнобойность» пучка.

В качестве бортового средства воздействия на ОКМ может быть использован газоразрядный источник ионов, формирующий слабо расходящийся ионный пучок. Создание такого ионного источника стало результатом расчётно-экспериментального исследования. В результате обоснована схема высокочастотного источника клиновидного ионного пучка. Клиновидная форма ионного пучка представляет интерес при создании бортового инжектора ионов в составе СКА, реализующего бесконтактный метод очистки геостационарной орбиты от крупногабаритных ОКМ, получивший название “Ion Shepherd”. Показано, что клиновидная форма ионного пучка по сравнению с классической конической геометрией может обеспечить ему большую «дальнобойность». Такая форма ионного пучка может быть получена с помощью щелевой ионно-оптической системы (ИОС). Расчетом и экспериментально определено значение первеанса пучка ионов в элементарной ячейке многоапертурной ИОС источника, равного 1,9□10-4 А/(м2В-3/2), соответствующего минимальной расходимости пучка.

С целью получить лучшую однородность плазмы вблизи поверхности эмиссионного электрода была применена схема газоразрядной камеры с торцевым расположением индуктора. При подводе к индуктору ВЧ мощности 100-250 Вт при частоте ВЧ генератора 2 МГц и расходе ксенона 0,2-0,4 мг/с ток ионного пучка составил 90-250 мА при давлении 2 мТорр. Форма ионного пучка была определена пространственным распределением глубины эрозии мишени, обусловленной бомбардировкой ионами. Определенный таким образом полуугол расходимости пучка поперёк щелей ИОС составил около 3°, а вдоль них – около 1°.

Полученные результаты указывают на возможность создания бортового инжектора ионов, который может быть использован на КА нового поколения при удалении ОКМ.

An ion injector with weakly expanding ion beam

Peysakhovich O.D., Mogulkin A.I., Kozhevnikov V.V., Obukhov V.A.
MAI, Moscow

The interest to weakly expanding ion beam is caused by the idea of large-sized space debris objects’ (SDO’s) removal from geostationary orbit (GEO) region affecting them with high-intensity ion beam injected from a service spacecraft (SSC). The distance between SSC and SDO in the process of SDO transportation to a burial orbit should exceed the sizes of both objects. Calculations showed that it can reach 30-60 m as the necessary ion beam “range”.

A radio frequency (RF) gas discharge ion injector with weakly expanding beam can be used as an on-board vehicle for impact to SDO. The development of the weakly expanding ion beam injector became result of the calculated and experimental study. The scheme of a weakly-expanding wedge-shaped ion injector was proved. The wedge-shaped ion beam geometry is interesting as a prototype for an on-board ion injector realizing contactless “Ion Shepherd” method for large-sized SDO’s removal from GEO.

Theoretical-experimental research has been carried out to obtain characteristics of a radio frequency (RF) ion source generating weakly expanding wedge-shaped Xenon ion beam. Such ion beam geometry is interesting as a prototype for an on-board ion injector realizing contactless “Ion Shepherd” method. It is shown that the wedge-shaped ion beam geometry provides longer “range” than “classic” conical geometry. Such ion beam geometry can be formed in a slit type

ion extraction system (IES). Calculations of accelerating cell geometries and ion trajectories determined the value of the normalized beam perveance, corresponding to minimum beam expansion half-angle, as 1,9□10-4 A/(m2V3/2).

To provide better uniformity of plasma spatial distributions in the gas discharge 100 mm-diameter vessel (GDV) near the IES screen grid a planar antenna coil enhanced by ferrite core was used. At incident RF power Pin=100-250 W with driving frequency f=2 MHz, Xenon flow rate q=0.2-0.4 mg/s, plasma pressure p=2 mTorr, ion beam current made 90-250 mA. The ion beam form was found from a spatial distribution of target erosion depth caused by ion bombardment. The divergence half-angle of beam expansion across IES slits was about 2-3° and close to 1° along them.

Thus obtained result has proved the possibility to create an on-board ion injector that could be used in spacecrafts of new generation for SDO removal.

Структурный анализ динамического поведения РДТТ в составе изделия при полете

Петрова Е.Н., Сальников А.Ф.
ПНИПУ, г. Пермь

При отработке ряда крупногабаритных РДТТ во время его работы были выявлены значительные динамические нагрузки, связанные с колебаниями давления в камере сгорания, так и тяги двигателя. Кроме того, в процессе полета в отличии от стендовых испытаний также наблюдаются определенные временные участки, когда отмечаются существенные расхождения расчетных значений давления и тяги в определенные временные участки полета и работы двигателя. Поэтому анализ причин, приводящих к появлению значительных динамических нагрузок является актуальной задачей исследования, позволяющей их предвидеть, оценивать их влияние на надежность работы РДТТ в составе летательного аппарата.

В рамках данной задачи разработаны математическая модель и автоматизированный вычислительный алгоритм исследования динамического поведения элементной базы ракетного двигателя при его работе с учетов волновых взаимодействий его конструктивных элементов и узлов в процессе изменения физико-механических свойств во время работы РДТТ в процессе полета. На основе анализа реальных конструкций элементной базы РДТТ выбран диапазон начальных и граничных условий для процесса математического моделирования динамического поведения двигателя в процессе его функционирования с учетом взаимовлияния ЛА в процессе полета. С учетов изменения динамики поведения элементной базы конструктивных элементов РДТТ промоделированы и определены условия возникновения повышенных динамических нагрузок при возникновении продольной акустической неустойчивости в камере сгорания РДТТ с учетом частотных взаимодействий при возникновении волновых взаимодействий в газовой полости камеры сгорания и узлов конструкции перспективного РДТТ при различных режимах его эксплуатации с использованием дискретно-массового подход. Математическая модель верифицирована по результатам экспериментальным исследование, что позволило уточнить параметры изменений собственных частотных колебаний и их влияния на формирование динамического поведения РДТТ в составе ЛА с учетом изменения температурных полей и их влияния на частотные характеристики конструкции и элементов РДТТ в целом. Алгоритм решения задачи позволяет определить не только условия взаимодействия конструктивных элементов РДТТ во времени его работы, но и определить опасные временные зоны его работы, а, следовательно, позволяет сформировать алгоритм оптимизации конструктивных параметров элементной базы РДТТ с точки устойчивости его работы.

Structural analysis of solid fuel rocket engine dynamic behavior during flying

Petrova E.N., Salnikov A.F.
PNRPU, Perm

When optimization of several solid fuel rocket engines (SFRE), during it operation, the heavy dynamic loads, which are connected with pressure oscillations in combustion chamber and engine power, were found. Moreover, flying process is different from bench testing, because there are time terms with significant variations in pressure and thrust calculation values during flying and engine operation. Thus, the analysis of reasons for appearance of significant dynamic loads is the relevant research objective, which allows to foresee them and to assess their influence on SFRE operation reliability in aircraft.

As a part of this problem, the mathematical model and automated calculating research algorithm for dynamic behavior of rocket engine component base during its operation, taking into account wave interaction of its construction elements and units with physical and mechanical properties changing process, when solid fuel rocket engine operation during the flying. On the base of real construction analysis of SFRE component base, the range of initial and boundary conditions was chosen for the process of mathematical modelling of the engine dynamic behavior when operation, taking into account mutual influence of flying aircraft. Taking into account the behavior dynamic change of component base of SFRE structural elements, the conditions of high dynamic loads appearance, when longitudinal acoustic instability initiation in the solid fuel rocket engine combustion chamber, were modelled and determined. This acoustic instability started with frequency interactions, which were caused by wave interactions origin in combustion chamber gas cavity and construction units of advanced SFRE with different engine operation modes with the use of discrete-mass approach. The mathematic model was verified by experimental study results. It allowed to clarify the parameters of eigen-frequency oscillation changes and its influence on dynamic behavior forming of SFRE in aircraft, taking into account temperature field changes and its influence on frequency characteristics of construction and SFRE elements globally. Solving problem algorithm allows to define conditions of SFRE construction element interaction during operation and to determine dangerous time terms of its operating, and, therefore it allows to form the optimization algorithm for SFRE component base constructive parameter in terms of operation resistance.

Космические эксперименты на борту МКС по тематике «Горение углеводородов в невесомости»

Пичугин С.Б.
РКК «Энергия», г. Королёв

С 2017 г. на борту МКС, в ходе экспедиций МКС – 50/51, МКС – 53/54 и на текущем этапе, в ходе МКС – 55/56, продолжают проводиться космические эксперименты (КЭ) по исследованию горения жидких углеводородных горючих в условиях невесомости. Исследования проводятся по российско-американской программе совместных исследований в американском сегменте МКС с использованием американского оборудования, при участии российских членов экипажа. К организации и реализации совместных КЭ привлечены с российской стороны предприятия: ЦНИИМАШ, ПАО «РКК «Энергия», ЦПК им. Гагарина, научные учреждения: ИХФ им. им. Н.Н. Семенова РАН, ФИАН им. Лебедева, ДВФУ, СПбПУ им. Петра Великого. С американской: Исследовательский центр им. Гленна и центр управления полётом им. Маршалла агентства НАСА, предприятия: корпорация Клеар Сайн Комбасчен, компания ФМ Глобал, а также ряд научных учреждений: Калифорнийский университет в Сан Диего, Калифорнийский университет в Ирвине, Принстонский университет, Йельский университет, университет штата Южная Каролина, штата Мэриленд и др.

В исследованиях используется стойка CIR («Combustion Integrated Rack») производства американской компании «Zin Technologies». Ранее проводился КЭ «Зарево» («Cool Flames Investigation», CFI). При этом комплекс CIR оснащался сменной камерой MDCA («Multi-User Droplet Combustion Apparatus») [1]. В 2018 году камеру MDCA в CIR

заменили на камеру ACME («Advanced Combustion via Microgravity Experiments»), которая позволяет существенно расширить спектр экспериментов. В экспедициях МКС 54-55 в рамках серии КЭ «АКМЕ» проводились исследования пламени в спутном потоке газа-окислителя (КЭ «Диффузионное пламя», «Coflow Laminar Flame», CLD), воздействия электрического поля (КЭ «Электрическое пламя», «E–Flame »). Далее будут исследованы пламя над плоской пористой горелкой (КЭ «Фламенко», «Burning Rate Emulator», BRE), процессы горения в условиях когда не горючее впрыскивается в газовую среду окислителя, а, наоборот, окислитель впрыскивается в среду горючего (КЭ «Адамант», «Flame Design»). Завершит серию КЭ «s – Flame», который будет изучать сферическое пламя горелки в виде пористого шара, которое можно получить только в условиях невесомости.

Литература:

1. Пичугин С.Б., Фролов С.М. Разработки в области детонационных двигателей и эксперименты по горению жидких капель в условиях микрогравитации // Материалы 16-й международной конференции «Авиация и космонавтика», МАИ, Moscow, 2017 г.

Combustion of Hydrocarbon Fuels in Microgravity Investigations on Board of ISS

Pichugin S.B.
RSC Energia, Korolev

Since 2017 investigations on combustion of liquid hydrocarbones in microgravity are being done on board of ISS (missions ISS–50 /51, 53/54 and current). These are under Russian – American program of joint research, so they take place in ISS American segment and on American equipment, but with Russian space crew being involved. At Russian side the research is being prepared by: TSNIIMash, RSC «Energia», Gagarin CTC and by scientific bodies: CSPH and FIAN of Russian Academy of Sciences, FEFU and St. Petersburg University. At American side: (GRC and MSFC of NASA, Clear Sign Combustion Corp. and FM Global company) as well as scientific bodies (UCSD, UC Irvine, Princeton University, Yale University, University of South Carolina, University of Maryland, College Park, etc.) are also involved.

CIR («Combustion Integrated Rack») hardware used in the investigations. It is manufactured by «Zin Technologies» of US.

In early 2017, Cool Flames Investigations (CFI) was launched with MDCA (Multi-User Droplet Combustion Apparatus) camera [1]. In Jan 2018 MDCA have been replaced to one, named ACME (Advanced Combustion via Microgravity Experiments), which allows changeable burners to expand variety of investigations.

Accordingly ACME series have been launched in Feb 2018. In missions ISS-54/55 investigations Coflow Laminar Flame (CLD Flame) and E-Flame, have started. The first one was to investigate gas-jet, or lifted coflow (2D) flame and the second one – how high-voltage mesh electrode above (downstream of) burner can alter the flame. More ACME investigations are planned. They are: Burning Rate Emulator (BRE) to explore flame above flat perforated disk fed with gaseous fuel to simulate the burning of solid and liquid fuels; Flame Design to explore spherical flames where the burner gas issues from a porous spherical burner. Tests are planned for both normal flames, where the fuel flows into an oxygen/inert atmosphere, and for inverse flames, where an oxygen/inert mixture flows into a fuel atmosphere. The ACME series to be completed by s-Flame, which will explore spherical flame - which is only possible in microgravity - where the gaseous fuel from a porous spherical burner is fed into a still oxygen/inert atmosphere.

References:

1. Pichugin S., Frolov S. R&D in detonation engines and droplet combustion in microgravity experiment // Proc. of 16-th Annual International Conference « Aviation and Cosmonautics–2017», Moscow Aviation Institute, Moscow, 2017.

Применение детонирующих удлиненных кумулятивных зарядов для отрыва лопаток вентилятора при испытании авиационного двигателя

Попова А.С., Кремлев А.Н.
НПО «Искра», г. Пермь

Согласно международным авиационным правилам п. 33.19 «Нормы летной годности двигателей воздушных судов» авиационные двигатели должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы свести к минимуму развитие опасных для двигателя состояний в период между ремонтами. Одним из условий при проектировании корпуса вентилятора должно быть обеспечение локализации повреждений вследствие разрушения лопатки ротора, а также в результате вторичных явлений, возникающих при ее разрушении. В соответствии с вышеизложенным требуется экспериментальное подтверждение локализации повреждений корпуса вентилятора при самом опасном случае-отрыве лопатки вентилятора в корневом сечении при максимальных оборотах двигателя.

Существует несколько способов испытаний на отрыв лопатки, но они имеют недостатки (не обеспечивают «мгновенный» отрыв).

Для обеспечения надежного отрыва лопатки на рабочих оборотах двигателя в заданный момент времени НПО «Искра» и «ОДК-Авиадвигатель» предложено применять детонирующие удлиненные кумулятивные заряды (УКЗ).

УКЗ представляет металлическую трубку, снаряженную взрывчатым веществом, профилированную с «U» - образной канавкой.

НПО «Искра» совместно с «ОДК-Авиадвигатель» был разработан способ испытаний и конструкция УКЗ и электродетонатора (ЭД). Для этого было выполнено отверстие вдоль корневого сечения с сохранением при этом запаса прочности в ослабленном сечении. В отверстие в кассете установлен УКЗ. Заряды развернуты кумулятивными канавками к разрезаемой поверхности. Через стакан к кассете подстыковывается ЭД. Конструкция стакана исключает перемещение ЭД при работе ротора.

В «ФГУП» «Краснознаменец» (Санкт-Петербург) по техническому заданию был произведен выбор вида УКЗ для проведения испытаний по разделению стенки лопатки.

По результатам автономной отработки вероятность безотказной работы устройства составила 0,999.

С использованием описанного способа по отрыву лопатки вентилятора были проведены испытания на натурном корпусе, а также натурных авиационных двигателях ПС-90А, ПС-90А2, ПД-14.

Предложенный способ устраняет недостатки существующих способов испытаний, а именно обеспечивает надежный отрыв лопатки вентилятора на рабочих оборотах двигателя в заданный момент времени, что позволяет обеспечить характер разрушения корпуса вентилятора как в реальных условиях.

С учетом данной конструкции на «ОДК-Авиадвигатель» решена также задача фазированного отрыва лопатки, что обеспечило более детальную регистрацию процесса.

The use of detonating elongated shaped charges to detach fan blades during an aircraft engine test

Popova A.S., Kremlev A.N.
NPO “Iskra”, Perm

According to the international aviation rules of clause 33.19 of Part 33 of the "Airworthiness of aircraft engines", aircraft engines must be designed and constructed in such a way as to minimize the development of engine-dangerous conditions between repairs. One of the conditions for the design of the fan housing should be to ensure the localization of damage due to the destruction of the rotor blade, as well as the secondary phenomena that arise when it is destroyed. In accordance with the foregoing, an experimental confirmation of the localization of damages of the fan housing is required in the most dangerous case-the fan blade breaks in the root section at the maximum engine speed.

There are several ways to test blade tear, but they have drawbacks (they do not provide an "instantaneous" separation).

To ensure reliable separation of the blade at the working engine speed at a given time, the "Iskra" and "ODK-Aviadvigatel" use detonating elongated cumulative charges (UKZ).

UKZ represents a metal tube, equipped with an explosive material, profiled with a "U" - shaped groove.

"Iskra" together with "ODK-Aviadvigatel" developed a test method and the design of the UKZ and the electric detonator (ED). To do this, an opening was made along the root section while maintaining a safety margin in the weakened section. UKZ is installed in the hole in the cassette. Charges are deployed by cumulative grooves to the surface being cut. Through the glass to the cassette ED is docked. The design of the cup eliminates the movement of the ED during the operation of the rotor. With the help of special pressing the cassette is fixed in the channel.

In the "Federal State Unitary Enterprise" Krasnoznamenets (St. Petersburg), according to the terms of reference, a selection was made for the type of UKS for testing the separation of the blade wall.

According to the results of autonomous working out the probability of failure-free operation of the device was 0.999.

Using the described method for tearing off the fan blade, tests were carried out on the full-scale hull, as well as full-scale aircraft engines PS-90A, PS-90A2, PD-14.

The proposed method eliminates the shortcomings of the existing test methods, namely, ensures a reliable detachment of the fan blade at the working engine speed at a given time, which allows to ensure the destruction of the fan casing in real conditions.

Обеспечение герметичности сварного шва конверта пластинчатого теплообменника подбором режима лазерной сварки

[1]Ремчуков С.С., [1]Ярославцев Н.Л., [2]Судас С.А., [2]Породнова О.В.
[1]МАИ, [2]ЦИАМ, г. Москва

В инженерной практике часто встречаются задачи соединения деталей малой толщины (< 1 мм). Особым случаем является соединение двух разнотолщинных изделий, одно из которых – тонкостенный элемент.

Весь спектр работ по соединению деталей малой толщины необходим при создании пластинчатого теплообменника. Здесь присутствует соединение как тонкостенных (сварка двух пластин, толщина листа менее 0,2 мм), так и разнотолщинных (сварка конверта с гребенками для соединения в пакет) деталей.

К соединениям пластинчатого теплообменника предъявляются высокие требования. Здесь, помимо обеспечения прочности и долговечности сварного шва при условии цикличности нагружения по давлению и температуре, необходимо обеспечить герметичность соединения.

Из всех существующих и доступных способов сварки элементов теплообменника особого внимания заслуживает лазерная сварка.

В работе решалась задача соединения в конверт теплообменника двух пластин толщиной по 0,2 мм.

Изначально проводилась сварка двух пластин в конверт по специально предусмотренным сварочным полкам. Для осуществления плотного прилегания кромок использовалась специальная оснастка.

Для получения качественного сварного шва, который обеспечил бы прочность и герметичность конверта, необходим подбор индивидуального режима сварки для конкретной задачи. Для получения достаточно глубокого проплавления, как правило, необходимо увеличивать длительность импульсов при сохранении невысоких значений напряжения. В результате был подобран следующий режим: напряжение $U = 210$ В; частота $\nu = 10$ Гц; длительность $\tau = 0{,}01$ с; диаметр пятна $D = 0{,}3$ мм; шаг импульсов $t = 0{,}1$ мм.

Для проверки прочности и герметичности сварного шва, необходимо вварить вставки, в процессе чего будет отрабатываться режим сварки разнотолщинных материалов. Для сварки разнотолщинных деталей был подобран следующий режим: напряжение U = 240 В; частота ν = 10 Гц; длительность τ = 0,0007 с; диаметр пятна D = 0,35 мм; шаг импульсов t = 0,1 мм.

Для проведения экспериментальных исследований во вставку предварительно была вварена трубка для подвода сжатого воздуха от компрессора.

Подтверждение герметичности и прочности сварного соединения проведено экспериментальным способом.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что выбранные режимы сварки позволяют получить сварной шов, удовлетворяющий требованиям по прочности и герметичности при давлениях до 4 атм.

Ensuring the tightness of the weld of the envelope of a plate heat exchanger selection of mode of laser welding

[1]Remchukov S.S., [1]Yaroslavtsev N.L., [2]Sudas S.A., [2]Porodnova O.V.
[1]MAI, [2]CIAM, Moscow

In engineering practice, there are often problems of connecting parts of small thickness (<1 mm). A special case is the connection of two different thick products, one of which is a thin-walled element.

The whole range of works on the connection of small thickness parts is necessary for creating a plate heat exchanger. Here there is a connection of both thin-walled (welding of two plates, sheet thickness less than 0,2 mm) and multi-thick (welding of an envelope with combs for connection in a package) details.

There are strong requirements for plate heat exchanger connections. Here, apart from ensuring the strength and durability of the weld under the condition of cyclic loading pressure and temperature, it is necessary to ensure the tightness of the connection.

Laser welding is one of the most significant methods of welding elements of the heat exchanger and it needs special attention.

The problem of connection in an envelope of the heat exchanger of two plates with the thickness on 0,2 mm.

At the beginning, welding of two plates in an envelope, specially provided for welding the shelves, took place. Special tools were used for the implementation of the snug edges.

To get a high-quality weld that would provide the strength and tightness of the envelope, it is necessary to select an individual welding mode for a specific task. To obtain a sufficiently deep penetration, it is usually necessary to increase the pulse duration to keep low voltage values. As a result, the following mode was chosen: voltage U = 210 V; frequency ν = 10 Hz; duration τ = 0.01 s; spot diameter D = 0.3 mm; pulse pitch t = 0.1 mm.

To check the strength and tightness of the weld, it is necessary to weld the inserts in, while the welding mode of different thick materials will be working out. The following mode was chosen for welding of multi-thick parts: voltage U = 240 V; frequency ν = 10 Hz; duration τ = 0.0007 s; spot diameter D = 0.35 mm; pulse pitch t = 0.1 mm.

To conduct experimental studies, a tube for supplying compressed air from the compressor was previously welded into the insert.

Tightness and strength confirmation of the welded joint was carried out experimentally.

Experimental studies have shown that the selected welding modes allow to get a weld that meets strength and tightness requirements at pressures up to 4 ATM.

Анализ влияния шероховатости, получаемой при селективном лазерном сплавлении на течение в каналах деталей ГТД

Селиверстов С.Д., Ионов А.В., Агапов А.В.
МАИ, г. Москва

Использование аддитивных технологий для изготовления деталей газотурбинных двигателей (ГТД) является перспективным инструментом в создании сложных форм, улучшения характеристик изделия, а также уменьшения трудозатрат на цикл производства. Современное оборудование для объемной печати металлом позволяет изготавливать функциональные детали и узлы за одну операцию на одном рабочем месте. Однако, большая часть полученных изделий нуждается в последующей обработке, в частности механической из-за высокой шероховатости поверхностей. При этом в деталях ГТД с внутренними полостями такая обработка может быть трудновыполнимой или невозможной.

Целью работы является исследование течений в каналах деталей ГТД с шероховатостью, получаемой после объемной печати металлом. В качестве исследуемой технологии аддитивного производства выбрана технология селективного лазерного сплавления (SLS, SLM и DMLS), как наиболее распространенная в России, а также имеющая наибольший сортамент используемых в двигателестроении металлических порошков.

В начале работы проводится расчет течения в простом канале-трубе. Расчет проводится в программном комплексе Ansys. За эталон принимается исходная 3д-модель с наилучшей триангуляцией. Для определения возможной шероховатости, получаемой после SLS, берутся несколько образцов деталей, изготовленных по этой технологии. Используя профилометр определяется среднее значение шероховатости поверхности деталей. Полученное значение закладывается в исходную 3д-модель на внутренние поверхности, и также производится расчет течения. Сравнение результатов расчетов позволяет дать качественную оценку влияния шероховатости на течение в канале.

В дальнейшем следует провести аналогичный расчет на реальном изделии, в частности во внутренних каналах лопатки ГТД.

Analysis of the effect of roughness obtained by selective laser melting on the flow in the channels of GTE parts

Seliverstov S.D., Ionov A.V., Agapov A.V.
MAI, Moscow

The use of additive technologies for the manufacture of parts of gas turbine engines (GTE) is a promising tool in the creation of complex shapes, improving product characteristics, as well as reducing labor costs for the production cycle. Modern equipment for bulk printing with metal allows to produce functional parts and components in one operation at one workplace. However, most of the resulting products need further processing, in particular mechanical due to the high surface roughness. At the same time, in the details of the GTE with internal cavities such treatment may be difficult or impossible.

The aim of the work is to study the flows in the channels of GTE parts with roughness obtained after bulk printing with metal. The technology of selective laser fusion (SLS, SLM and DMLS), as the most common in Russia, as well as having the largest range of metal powders used in engine building, was chosen as the investigated technology of additive production.

At the beginning of the calculation of the flow in a simple channel-pipe. The calculation is carried out in the Ansys software package. The reference model is the original 3D model with the best triangulation. To determine the possible roughness obtained after SLS, several samples of parts made using this technology are taken. Using the profilometer, the average surface roughness of the parts is determined. The resulting value is laid in the original 3D model on the inner surfaces, and the flow is also calculated. Comparison of the calculation results allows us to give a qualitative assessment of the effect of roughness on the flow in the channel.

In the future, a similar calculation should be carried out on the real product, in particular in the internal channels of the GTE blade.

Разработка геликонного двигателя с двойным электрическим слоем

[1]Смирнов П.Е., [2]Шайн Йохан

[1]МАИ, г. Москва; [2]Мюнхенский университет Бундесвера, Германия

Высокочастотный разряд находит всё большее применение в электродвигательной отрасли, а всевозможные устройства на его основе уже отработали в космосе не один десяток тысяч часов. Одной из особенностей такого разряда является то что плазма не контактирует с элементами антенны, которая её возбуждает. Это позволяет многократно увеличить ресурс такого двигателя и использовать в его работе нетрадиционные (неинертные) рабочие тела.

Однако в случае высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД) сеточные электроды, ускоряющие ионы, подвержены интенсивному распылению, что ограничивает его ресурс. Кроме того ионно-оптическая система таких двигателей довольно сложна и дорога в производстве. Другим важным элементом ограничивающим срок службы ВЧИД являются катоды, необходимые для нейтрализации исходящего пучка

Одной из альтернативных схем ускорения плазмы является использование так называемого двойного электрического слоя, который самообразуется в местах резкого изменения геометрии канала, а соответственно в местах резкого перепада концентрации и температуры электронов. Если приложить к двойному слою магнитное поле, это позволит создавать некоторое подобие магнитного сопла, а в случае с индуктивным разрядом более эффективно передавать ВЧ энергию рабочему телу, создавая геликонную волну в плазме. Кроме всего прочего такой двигатель не нуждается в катоде-нейтрализаторе, так как ускоряет и ионы, и электроны.

В работе представлены физические принципы на котором основан геликонный двухслойный двигатель, предложена и разработана конструкция данного устройства. Приведены результаты и проблемы первичных испытаний, а также рассмотрены некоторые методы их решения.

Development of helicon double-layer thruster

[1]Smirnov P.E., [2]Schein Jochen

[1]MAI, Moscow; [2]Bundeswehr University Munich, Germany

Recently radiofrequency discharges increasingly used in electric propulsion, various devices based on this technology have already operated more than a dozen thousand hours in space. One of the features of such a discharge is that plasma does not come into contact with the elements of antenna that induces it. This allows to increase the lifetime of a thruster and to use non-traditional (non-inert) propellants.

However, in the case of radiofrequency ion thrusters (RIT), grid electrodes which accelerate ions are exposed to intense sputtering, limiting its lifetime. Besides, the ion-optical system of such thrusters is quite complicated and expensive to manufacture. Another essential element limiting the lifetime of a RIT is the cathodes, which are necessary to neutralize accelerated ion beam.

One of the possible alternative and perspective schemes of plasma acceleration is using a so-called electric double layer, which self-forms in places of the significant changes of channel geometry, and accordingly in locations where a significant drop of electron concentration and temperature takes place. Applying a magnetic field to a double layer, allows to create some kind of magnetic nozzle, and in the case of an inductively coupled discharge creates a helicon wave in plasma, raising the efficiency of power input into the propellant. Above all, such thruster does not need a cathode-neutralizer, since it accelerates both ions and electrons.

The paper presents the physical principles on which the helicon double-layer thruster is based, the design of this device is proposed and developed. Results and problems of primary tests are given, and also some methods of their solution are considered.

Исследование индуктивного высокочастотного катода

Смирнова О.В., Смирнов П.Е., Суворов М.О., Хартов С.А.
МАИ, г. Москва

Наиболее распространённым типом катодов для электроракетных двигателей на данный момент является полый катод. Кроме своих многочисленных достоинств, это устройство обладает также важным недостатком: взаимодействие данного катода с активными газами выводит его из строя. Это накладывает на него весомые ограничения, например, полые катоды могут работать только на инертных газах высокой чистоты, повышен контроль за устройством на всём его жизненном цикле (от производства и до истечения ресурса), и пр. В связи с появлением проектов по созданию низкоорбитальных космических аппаратов с электроракетным двигателем прямоточной схемы, эта особенность полых катодов встаёт особенно остро.

Использование высокочастотного (ВЧ) разряда может избавить от негативного влияния активных газов и потенциально увеличить ресурс, поэтому на кафедре 208 Московского Авиационного Института был разработан экспериментальный образец индуктивного ВЧ катода. Также как и в полом катоде эмиттером электронов является объём плазмы, что позволяет генерировать высокие токи. Квазинейтральность в ВЧ катоде поддерживается внутренним электродом, менее подверженным мощным потокам частиц и температуры.

В работе представлены результаты испытаний образца такого устройства, а также первичные результаты испытаний уменьшенного образца. Вольт-амперные характеристики, и характеристики эффективности были измерены на различных ВЧ мощностях и частотах, было оценено влияние выбора материалов элементов катода. Полученный электронный ток составил 1,9 А при 85 Вт входной ВЧ мощности. Характеристики эффективности катода сравнимы с характеристиками схожих катодов и иных источников электронов других авторских коллективов.

Experimental study of radio-frequency cathode-neutralizer

Smirnova O.V., Smirnov P.Y., Suvorov M.O., Khartov S.A.
MAI, Moscow

Most common type of cathodes for electric propulsion is a hollow cathode. Besides its many advantages, this device has also important disadvantage: interaction of such cathode with active gases leads to its disabling. This poses string restrictions, such as hollow cathodes able to works only on high purity inert gases, raised control of the device on all its lifecycle (from production to end of the lifetime), etc. New projects of low orbit spacecrafts with the air-breathing electro-propulsion thruster, this feature of hollow cathodes becomes more undesirable.

Using a radiofrequency (RF) discharge seems to be a way to develop a neutralizer, which is more robust and would have a potentially higher lifetime, that leads to creating the prototype of inductively coupled RF cathode. In such a device creating and sustaining plasma are achieved by a radio-frequency inductively coupled discharge. As well as in a hollow cathode, the bulk of plasma acts as an electron emitter, generating high electron currents. Quasineutrality of such plasma is achieved by an inner electrode, which is less exposed to heat and powerful flows of charged particles.

Two neutralizer prototypes using two different discharge schemes were designed and tested. The paper describes results of tests of such device and a smaller prototype. Electron emission characteristics and performance characteristics were investigated as a function of RF power, frequency, inner electrode material. Using this RF cathode currents are achieved of over 1,9 A at 85 W RF power. Performances of this device are comparable to the similar cathodes studied by other authors as well as other types of electron sources.

Проектирование и совершенствование конструкции крупногабаритных деталей газотурбинных двигателей по заданной малоцикловой долговечности на основе эквивалентных испытаний образцов

Солнцев Г.А., Букатый А.С., Букатый С.А., Пахоменков А.В.
ОДК-Сатурн, г. Рыбинск

Ресурс крупногабаритных ответственных деталей газотурбинных двигателей (ГТД) – валы, диски турбины и компрессора, ограничивается преимущественно малоцикловой долговечностью. Поэтому при проектировании или совершенствовании конструкции таких деталей нужно исходить из условия обеспечения сопротивления малоцикловой усталости (МЦУ). Существующие расчётные методы прогнозирования долговечности не обладают достаточной точностью, т.к. не могут полностью учесть сложность напряжённо-деформированного состояния (НДС) деталей в области концентраторов напряжений. Поэтому на практике, чтобы получить более достоверные данные, применяют натурные испытания. Но для крупногабаритных деталей проведение натурных испытаний требует больших затрат и трудоёмко, а в ряде случаев и невозможно. Поэтому более перспективным является проведение эквивалентных испытаний на специальных образцах, моделирующих НДС исследуемого объекта.

В ПАО «НПО «Сатурн» проведены исследования и разработаны методики анализа НДС и прогнозирования МЦУ, в которых в качестве критерия подобия НДС детали и эквивалентных образцов с концентраторами напряжений используется коэффициент жёсткости напряжённого состояния, равный отношению суммы главных напряжений к интенсивности напряжений.

Опытные образцы изготавливают из материала, из которого изготавливается деталь, и проводят испытания на МЦУ не менее 4-х вариантов, подбирая нагрузку таким образом, чтобы охватить необходимый интервал долговечности исследуемой детали. На основе аппроксимации полученных данных по долговечности в системе координат εi – lgN (εi – интенсивность деформаций, N – количество циклов до разрушения) строится кривая долговечности и определяется её аналитическое выражение. При полном соблюдении подобия НДС в образцах и детали полученная кривая долговечности образцов характеризует долговечность исследуемой детали: по величине εi детали определяется соответствующее количество циклов до разрушения.

В случаях, когда при равенстве коэффициентов Кж не удаётся достичь полного подобия НДС эквивалентных образцов и детали по соотношению главных напряжений, необходимо установить коэффициент соответствия Кс между интенсивностями деформаций детали и образцов, т.е. εi дет = Кс·εi обр. При отсутствии необходимых экспериментальных тестовых данных для определения Кс предлагается апробированный в данной работе коэффициент соответствия, учитывающий неоднородность главных напряжений по величине отношения максимальных касательных напряжений к интенсивности напряжений в детали и образцах.

При проектировании и совершенствовании конструкции деталей ГТД решается обратная задача: по заданной долговечности на основе полученных кривой или аналитического выражения определяется допускаемая величина интенсивности деформаций [εi] в наиболее нагруженной области детали. Все изменения в конструкции детали должны удовлетворять условию εi max ≤ [εi]. Апробация данного метода на дисках первой ступени компрессора низкого давления двигателя Д 30КП, изготавливаемых из сплава ВТ3 1, подтвердила его эффективность.

Design and improvement of large-sized parts of gas-turbine engines in terms of set low-cycle fatigue life on the basis of specimens equivalent testing

Solntsev G.A., Bukaty A.S., Bukaty S.A., Pakhomenkov A.V.
UEC-Saturn, Rybinsk

The life of large-sized critical parts of gas-turbine engines (GTE) - shafts, turbine and compressor disks, is principally confined to low-cycle fatigue life duration. Therefore, during the

design or improvement stage of such parts design, the low-cycle fatigue (LCF) resistance must be taken into account. The existing computational methods of life prediction are not sufficiently accurate since they cannot fully consider the complexity of the stress-and-strain state of parts in the area of stress concentrators. Therefore, in practice, in order to obtain more authentic data, the field tests are used. But as far as the large-sized parts are concerned, their field tests are rather costly and require substantial labor input, and in some cases such tests are next to impossible. For this reason, the most promising solution would be the equivalent tests conducted on a special specimen simulating the stress-and-strain state of the product under examination.

PJSC NPO Saturn has performed research and development works on the methods of the stress-and-strain state analysis and LCF prediction, where the stiffness coefficient of tension equal to primary stresses and rate of stresses ratio is used as a criterion of similarity of the stress-and-strain state of a part and equivalent specimens with stress concentrators.

Prototypes will be made from material of which the part is made, and not less than 4 versions of LCF tests, must be conducted, selecting the load so that to cover the required life interval of the part under examination. On the basis of approximation of the obtained life data, in the co-ordinates system εi – lgN (εi – strain rate, N - the quantity of cycles until rupture) a life curve is built and its analytical expression is determined. When the specimens and parts stress-and-strain state similarity is fully observed, the obtained specimens life curve characterizes the life of the examined part: using the εi value of parts, the respective quantity of cycles until rupture, will be determined.

In cases when it is not possible to reach full similarity of the stress-and-strain state on the primary stresses ratio at equality of coefficients Kж of equivalent specimens and of the part, it is required to set the coefficient of concordance Kc between strain rates of the part and specimens, i.e. εi дет = Kc·εi обр. In case the required experimental test data for Kc determination are absent, the coefficient of concordance which has been approved in this work and which takes into account inhomogeneity of the primary stresses in terms of the value of the maximum tangential stresses and the parts and specimens stresses rate ratio, will be proposed.

During design and improvement stage of GTE parts, the inverse problem is solved: on the basis of the set life according to obtained curve or analytical expression, the allowed value of strain rate [εi] will be determined in the most loaded region of the part. All changes in the part design should meet the condition εi max ≤ [εi]. The approbation of this method on engine D-30KP low pressure compressor disks, made from alloy VT3-1, has confirmed this method efficiency.

Профилирование компрессоров малоразмерных турбореактивных двигателей

Стариков П.А., Боровиков Д.А., Болховитин М.С., Ионов А.В.
МАИ, г. Москва

Малоразмерные турбореактивные двигатели находят все большее применение в различных отраслях: наземные энергоустановки, БПЛА различного назначения, дозвуковые мишени для учений войск ПВО. При проектировании микро-ГТД встречается большое количество трудностей, связанные с масштабностью ГТД и вырождением рабочего процесса. Одной из основных проблем при создании малоразмерного турбореактивного двигателя является проектирования компрессора. Из-за размеров данного типа ГТД рабочие колеса, спроектированные под заданные значения расходов и степеней сжатия по классическим методикам не удовлетворяют требования по КПД и габаритам, предъявляемым к ним. Для решения этой проблемы возникла потребность в грамотном профилировании рабочих колес на заданные параметры и получении их характеристик.

В данной работе решалась задача получения характеристики компрессора малоразмерного двигателя, и задача автоматизации проектировочных расчетов и профилирования рабочего колеса малоразмерного ГТД. Расчет характеристики выполнялся на примере рабочего колеса двигателя AMT Netherlands «Pegasus», полученного методом 3Д сканирования. Расчет выполнялся в программном комплексе

Ansys. Для упрощения задачи профилирования компрессоров для различных классов малоразмерных двигателей была создана программа, благодаря которой можно автоматизировать процесс расчета и профилирования рабочего колеса. Программа позволяет задать необходимые параметры рабочего колеса, выбрать расчетные условия работы и задать ограничения на габариты в которые необходимо вписать рабочее колесо. Программа позволяет задать произвольные закрутки на входе и на выходе из рабочего колеса, в том числе сложные законы закрутки. Программа выполняет расчет для профилирования лопатки в двух вариантах в классическом дополненным коэффициентом широкохордности, с расчетом хорды, кривизны сечения и углов установки лопатки, выдавая этот результат в таблицу и в варианте построения профилей кривыми Безье с последующим экспортом точек для их построения в txt файл для последующего использования в CAD-системах, что позволяет быстро произвести построение профилей.

Результаты, полученный в данной работе позволяют выполнить быстрый расчет и построение рабочего колеса компрессора, а затем проверить его качество выполнив расчет характеристик в 3х мерной постановке.

Compressor profiling of small-size turbojet engines

Starikov P.A., Borovikov D.A., Bolhovitin M.S., Ionov A.V.
MAI, Moscow

Small-sized turbojet engines are increasingly used in various industries: ground power plants, UAVs for various purposes, subsonic targets for air defense exercises. When designing a micro-GTE, there are many difficulties associated with the scale of the GTE and the degeneration of the workflow. One of the main problems in creating a small-sized turbojet engine is compressor designing. Due to the dimensions of this type of gas turbine engine, the impellers designed for the specified values of flow rates and compression ratios by classical methods do not meet the requirements for efficiency and dimensions required for them. To solve this problem, there was a need for competent profiling of impellers on the given parameters and obtaining their characteristics.

In this paper, the task was to obtain the characteristics of a small-size engine compressor and the task of automating design calculations and profiling of a small-size GTE impeller. Calculation of the characteristics was carried out using the example of the impeller of the AMT Netherlands "Pegasus" engine, obtained by the 3D scanning method. The calculation was carried out in the software complex Ansys. To simplify the task of profiling compressors for different classes of small-sized motors, a program was created which makes it possible to automate the process of calculating and profiling the impeller. The program allows you to set the necessary parameters of the impeller, select the design operating conditions and set the limits on the dimensions in which the impeller must be inscribed. The program allows you to specify arbitrary twists at the inlet and outlet of the impeller, including complex laws of twist. The program performs calculation for profiling the blade in two variants in the classic augmented by the coefficient of wide chord, with calculation of the chord, curvature of the section and the angles of the blade installation, giving this result to the table and in the variant for constructing profiles with Bezier curves with subsequent export of points for their construction in a txt file for the subsequent use in CAD-systems, which allows you to quickly build profiles.

The results obtained in this paper allow us to perform a quick calculation and construction of the compressor impeller, and then check its quality by calculating the characteristics in a 3-dimensional setting.

Анализ тепловых процессов газификации твердого горючего в низкотемпературном газогенераторе прямоточного воздушно-реактивного двигателя

[1]Суровежко А.С., [2]Байков А.В., [1]Мякочин А.С.
[1]МАИ, [2]ЦИАМ, г. Москва

В настоящее время при разработке гиперзвуковых летательных аппаратов с прямоточным воздушно-реактивным двигателем актуальным остается вопрос охлаждения

камеры сгорания. Для решения данного вопроса применяют специальные виды авиационного топлива – эндотермические топлива. В случае использования твердого топлива, источником газов, пригодных для охлаждения камеры сгорания, должен служить газогенератор. Однако применяемый газ должен иметь низкую температуру. Результаты экспериментов говорят о том, что ключом к созданию низкотемпературных газогенераторов является комбинированный заряд. В таком заряде горячие газы, получаемые в результате горения твердого топлива, используются для сублимации твердого горючего, расположенного отдельно.

Целью данной работы является анализ рабочих процессов газификации твердого горючего в низкотемпературном газогенераторе с комбинированным зарядом прямоточного воздушно-реактивного двигателя гиперзвукового летательного аппарата.

В ходе проведенной работы, на базе предложенной физико-математической модели процессов сублимации и термического разложения твердого горючего, ранее развитой для случая горения твердого топлива, в низкотемпературном газогенераторе с комбинированным зарядом разработан алгоритм решения поставленной задачи. Проведен анализ рассматриваемой модели для случая, когда твердым горючим является гексаметилентетрамин. Также проведены исследования пороговых эффектов газификации.

В результате была проанализирована возможность создания газогенераторов рассматриваемого типа, а также условий достижения уровня температур продуктов газификации, необходимого для охлаждения камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя гиперзвукового летательного аппарата.

The analysis of the thermal processes of gasification of solid fuel in a low-temperature gas generator of a ramjet engine

[1]Surovezhko A.S., [2]Baykov A.V., [1]Myakochin A.S.
[1]MAI, [2]CIAM, Moscow

Currently, in the development of hypersonic vehicles with a ramjet engine, question combustor cooling remains urgent. To solve this issue, are used special types of aviation fuel - endothermic fuels. In the case of solid fuels, sources of gases suitable for cooling the combustion chamber should be a gas generator. However, the gas used must have a low temperature. The results of the experiments suggest that the key to the creation of low-temperature gas generators is a combined charge. In such a charge, the hot gases resulting from the combustion of solid propellant are used for the sublimation of solid fuel located separately.

Objective of this work is to analyze the thermal processes of gasification of a solid fuel in a low-temperature gas generator with a combined charge of a ramjet engine of a hypersonic vehicle.

In the course of the executed work, on the basis of the proposed physical and mathematical model of the processes of sublimation and thermal decomposition of the solid fuel in a low temperature gas generator with combined charge, previously developed for the case of the combustion of solid propellant, algorithm is developed to solve this problem. The analysis of the model under consideration for the case when solid fuel is hexamethylenetetramine were conducted. Studies of the threshold effects of gasification were also conducted.

As a result, the possibility of creating gas generators of the type in question, in addition the conditions for achieving the temperature level of gasification products required for cooling the combustion chamber of a ramjet engine was analyzed.

Получение многокомпонентных покрытий деталей авиадвигателей в магнетроне с мозаичной мишенью

Фертиков А.О.
МАИ, г. Москва

Служебные характеристики деталей авиационных комплексов и двигателей определяются свойствами поверхностных слоев материалов и улучшением контактных условий работы.

Наиболее экономичным, универсальным и высокопроизводительным методом формирования необходимых свойств поверхностных слоев является их модификация с помощью тонкопленочных покрытий 0,1-50 мкм, наносимых на обработанную рабочую поверхность детали. Использование высокоскоростной ионно-плазменной магнетронной распылительной системы (ВИПМРС) обеспечивает наилучшее качество покрытий.

Однако, лучшая мировая аппаратура - Ion Tech Inc, BALZERS – LEYBOLD AG, эксплуатируемая в диапазоне плотности мощности до 60 Вт/см2 имеет скорость нанесения для металлических покрытий 10-15 мкм/час, для химических соединений и композитов не более 5 мкм/час, что явно недостаточно при требуемой толщине покрытий, обеспечивающей заданный ресурс работы, равной, например, 50-120 мкм, для деталей авиационных двигателей с шероховатостью Ra ≥ 1,25 мкм на рабочих поверхностях.

Разработанный в России ВИПМРС позволяет наносить покрытия по аналогичной схеме (4-6 магнетронных распылителя) со скоростью: металлические – до 150 мкм/час, из композитов и химических соединений –50-80 мкм/час. При распылении мозаичных мишеней (особенно из графита и металла) при плотности мощности разряда больше 40 Вт/см2 обнаруживается эффект равноскоростного распыления, причем эффект равноскоростного распыления ускоряется с возрастанием плотности мощности.

Проведенные исследования и расчеты позволили определить не только основные закономерности и критерии механизма распыления, но и установить связь этого эффекта с градиентом концентрации плазмы в зоне разряда при переходе значения плотности мощности выше 40 Вт/см2.

Последнее дает основание полагать, что при совместном распылении из одной мишени мозаичного типа материалов с разными коэффициентами распыления устанавливается их соотношение в наносимом покрытии, согласующееся с градиентом концентрации плазмы. Материал с малым коэффициентом распыления в силу физики процесса попадает в зону с большой концентрацией ионов плазмообразующего газа, например, аргона, а с большим - в зону с меньшей концентрацией плазмообразующего газа. Устанавливается пропорциональное равенство, причем, чем большая площадь мозаичной мишени занята металлами, имеющими высокий коэффициент распыления, тем при меньших плотностях мощности и быстрее во времени устанавливается режим равноскоростного распыления.

Application of multicomponent coatings on details of aviation engines in magnetron with a mosaic target

Fertikov A.O.
MAI, Moscow

Characteristics of most parts of aircraft systems and engines are determined by the properties of the surface layers of materials and the improvement of contact working conditions.

The most economical, universal and high-performance method for forming the necessary properties of surface layers is their modification with the help of thin-film coatings of 0.1-50 microns applied to the prepared work surface of the workpiece. The use of high-speed ion-plasma Magnetron Sputtering System (MSS) provides the best quality of coatings.

However, the best world equipment - Ion Tech Inc, BALZERS - LEYBOLD AG, operating in the power density range up to 60 W / cm2 has a deposition rate for metal coatings of 10-15 μm / h, for chemical compounds and composites not more than 5 μm / which is clearly not enough at the required thickness of coatings, providing a given service age of, for example, 50-120 μm, for aircraft engine parts with a roughness Ra ≥ 1.25 μm on the working surfaces.

Russian MSS allows coatings to be applied at a rate: metal - up to 150 mcm / h, from composites and chemical compounds – 50-80 mkm / h. When sputtering mosaic targets (especially graphite and metal) at a discharge power density of more than 40 W / cm2, the effect of equal-sputtering is observed, the effect of equal-velocity spraying is accelerated with increasing power density.

The performed studies and calculations made it possible to determine not only the main regularities and criteria of the sputtering mechanism, but also to establish the relationship of this effect with the gradient of the plasma concentration in the discharge zone when the power density exceeds 40 W / cm2.

This gives reason to believe that when the materials with different sputtering coefficients are sprayed together from one mosaic target, their ratio in the applied coating is established, consistent with the gradient of the plasma concentration. Due to the physics of the process, a material with a low sputtering coefficient falls into a zone with a large concentration of ions of a plasma-forming gas, for example, argon, and with a large concentration into a zone with a lower concentration of the plasma-forming gas. A proportional equality is established, and, the larger the area of the mosaic target is occupied by metals having a high sputtering coefficient, the lower the power densities and the faster spontaneous mode is established in time.

Влияние давления в вакуумной камере на процессы формирования плазменной струи СПД

Фролова Ю.Л., Надирадзе А.Б.
МАИ, г. Москва

Известно, что на результаты измерения параметров струи стационарных плазменных двигателей (СПД) в вакуумных камерах существенное влияние оказывает давление частиц фонового газа. Однако механизмы этого влияния еще не до конца понятны.

Простейшая двухпотоковая модель, в которой предполагается, что поток нейтральных частиц в двигателе может рассматриваться как два независимых потока, один из которых идет от анода, а другой – поступает из вакуумной камеры и ионизируется в ускорительном канале, не позволяет объяснить результаты наблюдений без введения коэффициента «сбора», увеличивающего величину инжектируемого потока нейтральных частиц в 3-5 раз, по сравнению с расчетной.

В то же время анализ экспериментальных данных, полученных в ходе испытаний СПД, отличающихся по конструкции, показывает, что с увеличением фонового давления в вакуумной камере изменение характеристик струи носит неоднозначный характер. Так, при испытаниях двигателя ВНТ-1500 изменение полного тока струи с увеличением фонового давления имело линейную зависимость, а для двигателей СПД-100 и Р5 – нелинейную. При этом характер отклонения от линейности для Р5 и СПД-100 противоположный. Это можно объяснить тем, что с увеличением давления в вакуумной камере происходит перестройка потоков плазмы в зоне ионизации и ускорения, в результате чего меняются коэффициенты эффективности двигателя. Например, если впрыск фонового газа составляет 1-2% полного расхода, увеличение тяги на 3-5% легко объясняется увеличением эффективности ионизации рабочего тела в канале.

Кроме того, если бы структура зоны ионизации и ускорения не менялась, то изменения тока струи были бы связаны только с процессами взаимодействия струи с частицами фонового газа. Тогда зависимости тока струи указанных выше двигателей от величины фонового давления были бы идентичны.

Таким образом, можно утверждать, что изменения параметров струи связаны не только с впрыском дополнительного газа, но и с изменением структуры зоны ускорения и ионизации в ускорительном канале. Это фактор необходимо учитывать при интерпретации результатов измерений и их экстраполяции на условия натурной эксплуатации.

Effect of faciliry background pressure on the processes of forming a SPT plasma plume

Frolova Y.L., Nadiradze A.B.
MAI, Moscow

It is known that the facility background pressure has a significant effect on the measurement results of the plume parameters of stationary plasma thruster (SPT). However, the mechanisms of this influence are not yet fully understood.

The simplest two-stream ingestion model assumes the neutral flow in the thruster can be treated as two independent streams of neutrals superimposed on top of each other, one of which comes from the anode and the other stream comes from the background gas in the facility and ionizes somewhere in middle of the acceleration zone. This model does not allow explaining the results of observations without introducing a coefficient of "collection" that increases the amount of the injected flow of neutral by 3-5 times, compared to the calculated one.

At the same time, the analysis of experimental data obtained during the tests of SPT with different designs shows that the increase of the facility background pressure leads to an ambiguous character of the change in the plume characteristics. For example, during the tests of the BHT-1500, the change in the measured current density with increasing background pressure had a linear dependence, and for the SPT-100 and P5 engines had a nonlinear dependence. The nature of the deviation from linearity for P5 and SPT-100 is the opposite. This can be explained by the fact that an increase in the background pressure leads to a restructuring of the plasma flows in the ionization and acceleration zone, resulting in a change in the engine efficiency coefficients. For example, if the background gas injection is 1-2% of the total flow rate, an increase in thrust by 3-5% is easily explained by an increase in the ionization efficiency of the working fluid in the channel.

In addition, if the structure of the ionization and acceleration zone did not change, the changes in the plume current were related only to the processes of interaction of the plume with the background gas. Then the dependence of the plume current of the above engines on the value of the background pressure would be identical.

Thus, it can be argued that changes in plume parameters are associated not only with the injection of additional gas, but also with changes in the structure of the acceleration and ionization zone in the engine channel. This factor should be taken into account when explaining the measurement results and their extrapolation to natural conditions of operation.

Определение частоты флаттера лопаточного венца по геометрическим и аэродинамическим параметрам

Хоменко О.В., Посадов В.В., Ибрагимов О.Я., Посадов В.В.
ОДК-Сатурн, г. Рыбинск

При создании авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) стремятся обеспечить максимально высокие удельные параметры, что приводит к необходимости утонения полотен дисков компрессоров, переходу на беззамковые рабочие колеса, снижающие конструкционное демпфирование колебаний лопаток компрессора. При этом повышается риск возникновения аэроупругих колебаний (флаттера), сопровождающихся высокими вибрационными напряжениями в лопатках, и становится всё более актуальной проблема исследования и своевременной диагностики флаттера.

В качестве основного диагностического параметра рассматривается частота, на которой возбуждается флаттер. Во вращающейся системе координат (с учётом податливости диска) он возбуждается на частоте, близкой к частоте собственных колебаний лопаток. Определение частоты флаттера в неподвижной системе координат, например, по информации с датчиков пульсаций давления потока или датчиков вибрации, выполняется на основании преобразования Галилея и эффекта Доплера с учётом особенностей отображения сигнала при модуляции.

Устойчивость к флаттеру зависит от распределения геометрических характеристик сечений профилей лопатки и кинематики потока по высоте лопатки, скоростного напора, отнесённого к жёсткости лопатки и других факторов. На практике для определения частоты аэродинамических колебаний (вращающегося срыва) используются формулы, учитывающие геометрические параметры анализируемой ступени компрессора. Однако для диагностики флаттера, не являющегося чисто аэроупругим явлением, подобный подход недостаточно исследован.

В предложенной авторами формуле определения частоты флаттера лопаточный венец рассматривается в виде решётки эквивалентных профилей, совершающих колебания по

изгибно-крутильным формам с учетом упруго-массовых характеристик профилей решётки, геометрических параметров, моментов инерции, и аэродинамических сил и моментов, действующих при обтекании профилей потоком. Значения и направления аэродинамических сил и моментов зависят от угла атаки, режима работы изделия и параметра решётки профилей (кривизны, густоты, числа Маха).

На основании анализа информации, ранее не использовавшейся при прогнозировании и диагностике флаттера, использование формулы, предложенной авторами, раскрывает новые возможности для понимания сложных процессов, происходящих при флаттере.

Evaluation of flutter frequency for bladed wheel based on geometric and aerodynamic parameters

Khomenko O.V., Posadov V.V., Ibragimov O.Y., Posadov V.V.
UEC-Saturn, Rybinsk

During creation of aircraft gas turbine engines it is important to achieve highest specific parameters. It leads to thinning of blade wheels of compressors, usage of blisks with low level of structural damping of oscillations of compressor blades. In this case the risk of aeroelastic oscillations (i.e. flutter) that are accompanied by high vibrating stress of blades, and the task of investigation and in time diagnostics of flutter becomes more and more relevant.

Authors use frequency of flutter as the main testing parameter. In rotating coordinate system (taking into account flexibility of bladed disk) flutter is excited on the frequency, which is approximately equal to natural frequency of blades. Evaluation of flutter frequency in fixed coordinates, e.g. based on data from flow pressure fluctuation transducers or from vibration transducers, is performed using Galilean transformation and Doppler's principle and taking into account specific visualization of signal during modulation.

Stability to flutter depends on distribution of geometric parameters of cross-sections of blade profiles and distribution of flow characteristics by height of blade, velocity pressure related to blade’s rigidity, etc. Equations that include geometric parameters of examined stage of compressor are usually used to determine a frequency of aerodynamic oscillations (e.g. rotating stall) in practice. However usage of this method for diagnostics of flutter, that is not only aerodynamic process, is not fully investigated.

Authors propose equation to determine frequency of flutter in which row of blades is considered as a cascade of equivalent airfoils oscillating in flexure-torsion modes with consideration of elastics and mass of airfoil cascade, geometric parameters, inertia moments, aerodynamic reactions and moment coefficients, forcing on airfoils from airflow. Values and directions of aerodynamic reactions and moment coefficients depend on angle of attack, operational mode of the engine and parameters of airfoil cascade (airfoil camber, solidity of cascade, Mach number).

Based on analysis of data than was never used previously in forecasting and diagnostics of flutter, proposed equation unveils new potential to understand complex processes, taking place during flutter.

Тепловой анализ и особенности проектирования опор авиационных газотурбинных двигателей с бесциркуляционной системой смазки

Храмин Р.В.
ОДК-Сатурн, г. Рыбинск

Для современных малоразмерных авиационных ГТД необходимо применение схем охлаждения опор воздухом и отказ от традиционных масляных систем. Надежная эксплуатация таких подшипников требует уточнения расходов воздуха на его охлаждение совместно с конструктивными решениями по обеспечению элементов подшипника консистентной смазкой, а также применением керамических тел качения. Тем более что тепловое состояние подшипника напрямую зависит от нагрузок, приходящих на него, что требует надежных методов определения этих нагрузок. Применение такой системы смазки

требует решения двух проблем: организацию охлаждения подшипника воздухом и обеспечение допустимой температуры смазки.

Новым в данной работе является то, что впервые в России проведено экспериментальное исследование теплового состояния подшипников качения с консистентной смазкой и воздушным охлаждением с измерением температур наружного кольца. В процессе экспериментальных исследований установлен характер влияния осевой силы, измеренной современным методом динамического тензометрирования, на потери суммарных затрат мощности на привод подшипника и на изменение температуры наружного кольца.

Впервые разработана конструкция радиально-упорного шарикоподшипника с активаторами подачи консистентной смазки на сепаратор и тела качения. Решена проблема обновления консистентной смазки, позволяющая в несколько раз продлить ресурс опор.

Разработан инженерный метод, позволяющий оценивать тепловое состояние подшипников на консистентной смазке при различных значениях осевой силы и расходах охлаждающего воздуха.

Применение разработанного метода анализа позволяет определять потребные расходы воздуха на охлаждение подшипников качения и элементы конструкции оптимальным образом. Тем самым, снижаются осевые и радиальные градиенты температур элементов подшипников и силовых элементов опор и повышается долговечность подшипников.

Thermal analysis and design peculiarities of aviation gas-turbine engine bearing supports with circulation-free oil system

Khramin R.V.
UEC-Saturn, Rybinsk

As for up-to-date small-size gas-turbine engines, application of the bearing support air cooling schemes and freedom of traditional oil systems are required. For reliable operation of such bearings it is required to consider the air consumption for cooling together with the design solutions for provision of the bearing components with lubricant grease and application of the ceramic rolling elements, as well. Besides, the bearing thermal state is directly dependent on the loads affecting it, which requires reliable methods for determining these loads. Application of such oil system requires solution of two problems: organization of the bearing cooling with air and provision of the allowable oil temperature.

A new feature here is that for the first time in Russia an experimental investigation of the thermal state of the grease-packed air cooled ball bearings was performed with measurement of the outer race temperatures. In the course of experimental investigations, the effect of the axial force, measured by a contemporary dynamic strain-gaging method, on the total power losses for the bearing drive and outer race temperature measurement was established.

For the first time a construction of the radial-thrust ball bearing has been developed, with the activators of lubricant grease supply to the bearing cage and the rolling bodies. The problem of lubricant grease renewal has been solved, which enables bearing supports life extension several-fold.

The engineering method has been developed enabling assessment of the grease-packed bearings thermal state under the various axial forces and cooling air flow rate.

Application of the developed analysis method allows optimal determination of the airflow demand for cooling the roller bearings and bearing structural members. Therefore, the axial and radial temperature gradients of the bearing components and load-bearing members of the supports are reduced and the bearing service life is increased.

Методика прогнозирования высокочастотной неустойчивости горения в ЖРД тягой более 4КН

[1]Царапкин Р.А., [2]Иванов В.Н.
[1]МАИ, г. Москва; [2]НИЦ РКП, г. Пересвет

«Методика» построена на базе теории автоколебательных динамических систем и одномерных марковских случайных процессов с использованием аппарата уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова.

«Методика» реализует оценку зависимости коэффициента демпфирования исследуемой динамической системы (камеры сгорания) от амплитуды колебаний давления без использования стандартных внешних импульсных возмущающих устройств и применима в анализе стационарных сигналов датчиков пульсаций давления, идентифицированных в классе «резонансный узкополосный шум горения» (РУШГ).

При разработке «Методики» использовались следующие стандартные алгоритмы (входящие в пакет программ ПОС НПП «Мера»):

• Оценки амплитудного спектра сигнала;

• Оценки автокорреляционной функции сигнала;

• Рекурсивной полосовой фильтрации сигнала;

• Выделения огибающей фильтрованного сигнала (с использованием преобразования Гильберта);

• Оценки плотности распределения вероятности огибающей и мгновенных значений сигнала;

Теоретические положения «методики» верифицированы на сигналах модельных экспериментальных камер сгорания.

Методика включает в себя следующую последовательность основных операций:

1) Регистрация пульсационного давления в камере (газогенераторе) при проведении стендовых огневых испытаний двигателя.

2) Визуальный анализ зарегистрированного сигнала датчика пульсаций давления, установленного в реакционном объеме камеры сгорания или в жидкостной предфорсуночной полости, на исследуемом установившемся режиме работы двигателя (камеры сгорания).

3) Спектральный анализ временной реализации сигнала датчика пульсаций давления.

4) Узкополосную фильтрацию сигнала на частотах, соответствующих собственным формам (модам) акустических колебаний реакционного объема камеры сгорания.

5) Идентификацию узкополосных спектральных составляющих сигнала с выделением составляющих, соответствующих резонансным колебаниям реакционного объема камеры сгорания (составляющих, принадлежащих классу «резонансный узкополосный шум горения (РУШГ).

The technique for predicting the high-frequency instability of combustion in a liquid-propellant engine thrust more than 4KN

[1]Tsarapkin R.A., [2]Ivanov V.N.
[1]MAI, Moscow; [2]NIC RKP, Peresvet

The method is based on the theory of self-oscillating dynamic systems and one-dimensional Markov random processes using the Fokker-Planck-Kolmogorov equation.

"Methods" implements the estimation of the dependence of the damping coefficient of the studied dynamical systems (combustion chambers) of the amplitude of the pressure oscillation without using a standard external pulse perturbation devices and are applicable in the analysis of stationary signals of sensors of pressure pulsations identified in the class of "resonant narrowband noise burning" (RUSH).

The following standard algorithms (included in the software package of PIC NPP "Mera") were used in the development of the " Methodology»):

• Evaluation of the amplitude spectrum signal;

• Estimates of the autocorrelation function of the signal;

• Recursive band-pass filtering of the signal;

• Selection of the filtered signal envelope (using the Hilbert transform);

• Estimates of the probability density distribution of the envelope and the instantaneous values of the signal;

Theoretical principles of the methods are verified on signals of the experimental model of the combustion chamber.

The technique includes the following sequence of basic operations:

1) registration of pulsating pressure in the chamber (gas generator) during bench fire tests of the engine.

2) Visual analysis of the recorded signal of the pressure pulsation sensor installed in the reaction volume of the combustion chamber or in the liquid pre-nozzle cavity in the investigated steady-state operation of the engine (combustion chamber).

3) Spectral analysis of the time realization of the pressure pulsation sensor signal.

4) narrow-Band filtering of the signal at frequencies corresponding to the eigenforms (modes) of acoustic oscillations of the reaction volume of the combustion chamber.

5) Identification of narrow-band spectral components of the signal with the release of components corresponding to the resonant vibrations of the reaction volume of the combustion chamber (components belonging to the class "resonant narrow-band combustion noise (RUSHG).

Анализ крыла с энергетической механизацией путем выдува воздуха от двигателя

Ша Мингун
МАИ, г. Москва

В работе рассматривается влияние энергетической механизацией выдувом воздуха от двигателя на аэродинамические характеристики крыла с отклоняемым закрылком. Проводится моделирование натекания дозвукового потока на заданный крыловой профиль в трехмерной постановке. Показаны возможности и преимущества построения модели с использованием структурированной схемы.

Для того, чтобы получить точные расчетные данные при наличии в потоке скачков уплотнения. Для проведения расчета была построена расчетная сетка с высоким разрешением. Были построены сетки по структурированной схеме в программном комплексе Ansys Icem. Для построения расчетных сеток использовалась сеткопостроитель ICEM, расчет проведен в программном комплексе Fluent.

В данной работе рассмотрена структура крыла с отклоняемым закрылком с учетом истечения сопла, которое расположено вдоль размаха крыла. Предложен перспективный подход к решению проблемы повышения аэродинамических характеристик самолета на режиме взлета за счет выдува потока воздуха от двигателя, тогда двигатель работает на дросселированном режиме.

В результате было показано, что в соответствии с ростом расхода воздуха коэффициент подъемной силы увеличивается, а с ростом числа Маха коэффициент подъемной силы уменьшается.

В итоге результаты подтверждили, что при больших углах атаки позволять осуществлять и стабилизировать вихревое течение над верхней поверхностью крыла, улучшать аэродинамические характеристики крыла и поднять эффективность отклоненных закрылков.

Analysis of the wing with energy mechanization by blowing air from the engine

Sha Minggong
MAI, Moscow

The paper discusses the effect of energy mechanization by blowing air from the engine on the aerodynamic characteristics of the wing with a deflectable flap. Simulation of the flow of a subsonic flow onto a given wing profile is simulated in a three-dimensional setting. The possibilities and advantages of constructing a model using a structured scheme are shown.

In order to obtain accurate calculation data in the presence of shock waves in the flow. To carry out the calculation, a high-resolution grid was constructed. Grids were constructed according to the structured scheme in the software complex Ansys Icem. To build the grid, ICEM was used, the calculation was carried out in the software package Fluent.

In this paper, we consider the structure of a wing with a deflectable flap, taking into account the nozzle outflow, which is located along the span of the wing. A promising approach is proposed to solve the problem of increasing the aerodynamic characteristics of an airplane in the take-off mode by blowing the airflow from the engine, then the engine operates on a throttled regime.

As a result, it was shown that, in accordance with the increase in air consumption, the lift coefficient increases, and with increasing Mach number the lift coefficient decreases.

As a result, the results confirmed that, at large angles of attack, it is possible to realize and stabilize the vortex flow over the upper surface of the wing, improve the aerodynamic characteristics of the wing, and raise the efficiency of the deflected flaps.

Проблемы изготовления центрального тела сопла турбореактивного двигателя

Шевкунов В.А., Филиппов Г.С.
МАИ, г. Москва

В работе рассматривается перспектива применения механизмов параллельной структуры при изготовлении сложных деталей для авиационной и космической техники. Использование предложенных механизмов может существенно снизить акустические шумы и инфракрасную заметность турбореактивных двигателей.

Ключевые слова: турбореактивный двигатель, инфракрасная заметность, механизмы параллельной структуры, аддитивные технологии

Применение аддитивных технологий активно развивается во всём мире и постоянной находит всё новые области применения. Этому способствует не только постоянно увеличивающиеся возможности использования новых материалов, ранее недоступных в данной технологии, но и активное развитие механизмов применения различных методов. Авторы принимают активное участие в синтезировании механизмов, применение которых в аддитивных технологиях позволяет постоянно открывать новые горизонты в научной и прикладной сферах.

Одним из направлений использования трёхмерного изготовления деталей является космическая и авиационная промышленность. Синтезирован ряд механизмов параллельной структуры, которые позволяют создавать сложные трёхмерные объекты со специализированными техническими требованиями.

Снижение акустической и инфракрасной заметности летательных объектов с турбореактивными двигателями является актуальной задачей в авиации. Многие известные способы их снижения базируются на внесении изменений в центральное эллипсоидное тело: оно изготавливается специальной конфигурации, используются особые материалы покрытия. Сложная структура детали предъявляет высокие требования к траектории обхода выходного звена применяемого в изготовлении механизма, которая не может быть ограничена только двухмерной плоскостью. Для решения это задачи может быть перспективно использование механизма параллельной структуры с пятью степенями свободы. Конструкция механизма позволяет обеспечить необходимую произвольную траекторию движения выходного звена с заданным углом. Параллельная структура механизма позволяет добиться высокой точности позиционирования выходного звена и существенно увеличить величину полезной нагрузки.

Prospects for the use of parallel structure mechanisms in the production of aircraft parts

Shevkunov V.A., Filippov G.S.
MAI, Moscow

The use of additive technologies is actively developing all over the world and is constantly finding new applications. This is facilitated not only by the ever-increasing possibility of using

new materials previously unavailable in this technology, but also by the active development of mechanisms for the use of various methods. The author takes an active part in the synthesis of mechanisms, the use of which in additive technologies allows to constantly open new horizons in the scientific and applied spheres.

One of the directions of use of three-dimensional manufacturing of details is the space and aviation industry. A number of mechanisms of parallel structure, which allow to create complex three-dimensional objects with specialized technical requirements, are synthesized.

Reducing the acoustic and infrared visibility of flying objects with turbojet engines is an urgent task in aviation. Many known methods of their reduction are based on changes in the Central ellipsoid body: it is made of a special configuration, special coating materials are used. The complex structure of the part makes high demands on the trajectory of bypassing the output link used in the manufacture of the mechanism, which can not be limited only to the two-dimensional plane. To solve this problem, it may be promising to use a mechanism of parallel structure with five degrees of freedom. The design of the mechanism allows to provide the necessary arbitrary trajectory of the output link with a given angle. The parallel structure of the mechanism allows to achieve high accuracy of positioning of the output link and significantly increase the payload.

Сравнительный анализ основных методов CFD-моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях

Шулаков К.А., Комаров Д.А., Строкач Е.А., Боровик И.Н.
МАИ, г. Москва

Целью работы является сравнение основных подходов к CFD-моделированию рабочего процесса в КС ЖРД и выбор оптимального подхода по критерию точности и скорости получения результата. Основные сложности при моделировании возникают при оценке процессов турбулентного перемешивания, горения смешавшихся компонентов, межфазных взаимодействий - испарения, переноса количества движения и тепла. Требуется выработка быстрой и точной методики моделирования рабочих процессов, включающей в себя опыт большого количества частных исследований рабочего процесса в РД и, особенно, в РДМТ.

В работе произведен анализ современных расчетно-экспериментальных работ по данной теме, основное внимание уделено моделированию турбулентности, ее взаимодействию с процессами горения, а также методам учета межфазных процессов.

Анализ литературы показал, что CFD моделирование производится в основном с двигателями, работающими на топливе кислород и водород в сверхкритическом состоянии. Все модели в результате сравнивались с экспериментальными данными, обработка которых позволила сделать вывод об оптимальном подходе моделирования. Существует небольшое количество экспериментов с ракетными двигателями на компонентах топлива – кислород и водород. В обзоре так же уделено большое внимание парам топлива: кислород/метан и кислород/керосин.

В общем случае для инженерных задач можно рекомендовать RANS - моделирование турбулентности, а при наличии мощностей, что особенно актуально в исследовательских задачах, LES-моделирование. Для моделирования неустойчивости безальтернативно применяется LES - моделирование.

Comparative analysis one of the main methods of CFD-modeling of working processes in rocket engines

Shulakov K.A., Komarov D.A., Strokach E.A., Borovik I.N.
MAI, Moscow

The goal of the work is to compare the main approaches to CFD-modeling of the working process in the LRE combustion chamber and to choose the optimal approach according to the criterions of accuracy and speed of obtaining the result. The main difficulties in modeling arise when evaluating the processes of turbulent mixing, burning of mixed components, interphase

interactions - evaporation, transfer of impulse and heat. It requires the development of a fast and accurate methodology for modeling workflows, including the experience of a large number of private studies of the work process in RE and RELT.

Analysis of the literature showed that CFD modeling is performed mainly with engines running on oxygen and hydrogen in the supercritical state. As a result, all models were compared with experimental data, the processing of which led to the conclusion about the optimal modeling approach. There is a small number of experiments with rocket engines using oxygen and hydrogen fuel components. The review also pays much attention to fuel pairs: oxygen / methane and oxygen kerosene.

In general, for engineering tasks, it is possible to recommend RANS - turbulence simulation, in the presence of capacities, which is especially important in research tasks, LES-modeling.

3. Системы управления, информатика и электроэнергетика

3. Control Systems, Informatics and Power Engineering

Исследования однофазного корректора коэффициента мощности для бортовых электрических комплексов и систем

Аверьков А.И., Шевцов Д.А.
МАИ, г. Москва

Благодаря применению высокочастотных импульсных способов регулирования потоков энергии, современные системы, которые преобразовывают электрическую энергию и обеспечивают достаточно высокую совместимость преобразователя с нагрузкой, что обеспечивает требуемое качество выходного сигнала. Для использования любого преобразовательного устройства требуется предусмотрение его электромагнитной совместимости с запитывающей сетью для исключения помех, которые распространяются по сети, и уменьшения потерь мощности, а так же совпадение тока и напряжения по фазе и амплитуде на входе и выходе соответственно. К сегодняшнему дню актуальна задача согласования запитывающей сети и нелинейных нагрузок, являющимися источниками реактивной мощности и мощности искажений.

Одним из самых эффективных решений задачи по улучшению электромагнитной совместимости преобразователей с сетью, является применение корректора коэффициента мощности (ККМ). На сегодня известно множество источников питания с трехфазным ККМ для применения с источниками бесперебойного питания порядка 10 кВ, большое распространение получил так называемый активный выпрямитель, который реализуется на базе трехфазного инвертора напряжения, который в свою очередь функционирует как в инверторном, так и в обратном (выпрямительном) режимах. Так же вместе с активным выпрямителем известен и одноквадрантный трехфазный ККМ – Виенна-выпрямитель.

Электромагнитные процессы в силовой части активного выпрямителя не имеют особых отличий от работы инвертора напряжения в классическом (инверторном) режиме, которые подробно исследованы. Процессы в силовой схеме Виенна-выпрямителя в большей степени схожи с процессами однофазного ККМ на базе повышающего регулятора постоянного напряжения, которые также исследовались. В меньшей степени были исследованы проблемы управления трехфазными ККМ. Особенностью этих процессов заключается в необходимости формирования сетевого тока заданной формы при использовании преобразователя напряжения.

Таким образом в таких преобразователях малое распространение получили системы управления с релейным регулированием токового коридора.

В представленной работе я рассмотрел структурную схему и процессы работы формирования тока на трехфазном инверторе в зависимости от состояния положения ключей на различных коммутационных интервалах.

Для моделирования работы аналоговых электронных схем мной была применена программа PSPICE (Personal Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis).

Studies of single-phase power factor correction for onboard electrical systems and systems

Averkov A.I., Shevtsov D.A.
MAI, Moscow

Thanks to the use of high-frequency pulsed methods of energy flow control, modern systems that convert electrical energy and provide a relatively high compatibility of the converter with the load, which ensures the required quality of the output signal. To use any converter device, it is necessary to provide for its electromagnetic compatibility with the power supply network in order to eliminate disturbances that propagate through the network and reduce power losses, as well as current and voltage coincidence in phase and amplitude at the input and output, respectively. To date, the urgent task of matching the supply network and non-linear loads, which are sources of reactive power and power distortion.

One of the most effective solutions to the problem of improving the electromagnetic compatibility of converters with a network is the use of a power factor corrector (CMC). Today, there are many power supplies with a three-phase CMC for use with uninterruptible power supplies of the order of 10 kV, the so-called active rectifier, which is implemented on the basis of a three-phase voltage inverter, which in turn operates both in inverter and reverse (rectifier) modes. Also, together with the active rectifier, a single-quadrant three-phase CMC is known - the Vienna rectifier.

Electromagnetic processes in the power section of an active rectifier do not have any particular differences from the operation of a voltage inverter in the classical (inverter) mode, which are investigated in detail. The processes in the power circuit of the Vienna rectifier are more similar to the processes of single-phase CMC based on a constant-voltage regulator, which were also investigated. To a lesser extent, the problems of managing three-phase CMCs were investigated. A feature of these processes is the need to form a network current of a given shape when using a voltage converter.

Thus, in such converters, control systems with relay control of the current corridor have gained little acceptance.

In the present paper, I reviewed the block diagram and the processes of current generation on a three-phase inverter, depending on the state of the position of the keys on different switching intervals.

To simulate the operation of analog electronic circuits, I used the PSPICE program (Personal Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis).

Использование системы управления многоуровневого подхода для оценки знаний студентов

Аревшатян Э.С.
МАИ, г. Москва

В автоматизированном режиме, контролю подлежат знания студентов, объединенных в группы. Студенты в ходе обучения выполняют собственные задания и контролируют уровень своих знаний.

В процессе участвуют на своём уровне доступа в обучающей системе как преподаватель, так и студенты. Преподаватель оценивает успехи как отдельных студентов, так и усвоение учебного материала группой.

Разные средства в комплекте имеют различные уровни глубины проверки знаний. Реализовано 2 уровня оценочных средств. Уровень 1 – прохождение классического тестирования с вопросом и вариантами ответов. Уровень ориентирован на закрепление основных терминов понятий курса. Уровень 2 – оценка понятийного аппарата курса. На этом уровне студент должен продемонстрировать способность использовать закрепленный понятийный аппарат. Студент отвечает в письменной форме на поставленный вопрос, используя разработанный механизм в автоматизированный системе.

Автоматизированная система имеет два уровня доступа к проверке знаний: для студентов и для преподавателя.

Для преподавателя формируются отчетные материалы о работе студентов с системой, что позволяет выявить как общие слабые места, так и проанализировать работу каждого студента в ходе обучения.

Система реализована на базе клиент-серверной архитектуры, с использованием базы данных и протестирована на материале дисциплины «Компьютерные методы обработки информации». Результаты экспериментов подтверждают целесообразность ее использования как первой ступени разрабатываемой автоматизированной системы обучения.

Using a multi-level approach management system to assess students' knowledge

Arevshatyan E.S.
MAI, Moscow

In the automated mode, the knowledge of students united in groups is subject to control. Students in the course of training perform their own tasks and control the level of their knowledge.

In the process, both the teacher and students participate at their level of access in the teaching system. The teacher evaluates the success of both individual students and the learning of the training material by the group.

Different tools in the kit have different levels of depth of knowledge testing. Implemented 2 levels of evaluation tools. Level 1 - the passage of the classical testing with the question and the answers. The level is focused on fixing the main terms of the concepts of the course. Level 2 - evaluation of the conceptual apparatus of the course. At this level, the student must demonstrate the ability to use a fixed conceptual apparatus. The student answers in writing to the question posed, using the developed mechanism in the automated system.

The automated system has two levels of access to knowledge verification: for students and for the teacher.

For the teacher, reports on students' work with the system are formed, which allows to identify both common weaknesses and analyze the work of each student during the training.

The system is implemented on the basis of client-server architecture, using a database and tested on the material of the discipline "Computer methods of information processing." The results of experiments confirm the expediency of its use as the first stage of the developed automated training system.

Сверхпроводниковый электродвигатель для аэроэлектродвижения летательного аппарата

Ахунов М.Т.
МАИ, г. Москва

Сверхпроводниковые электрические машины постепенно начинают внедряться в различные отрасли общепромышленной индустрии. Известны зарубежные разработки таких машин для электромобилей, привода гребных винтов в системах судового электродвижения, в качестве ветро- и гидрогенераторов, устройств для перемешивания жидкого металла, экструдеров для протяжки металлических труб и т.д. По сравнению с электрическими машинами традиционного исполнения они обладают улучшенными массоэнергетическими параметрами, лучшей стабильностью при работе в электросетях и более высоким КПД.

Применительно к авиационной технике перспективным рассматриваются переход на электропривод тяговых винтов.

Для достижения поставленных целей рассматриваются следующие типы силовых установок с электроприводом тягового винта.

Установка, содержащая турбовальный двигатель для привода сверхпроводникового синхронного генератора, полупроводниковый регулируемый преобразователь с криогенным охлаждением, сверхпроводниковый электродвигатель для привода тягового винта. По оценкам применение такой схемы позволяет резко снизить выбросы NOx в 1,5

раза и CO2 - на 20% и расход топлива в 2 раза. В настоящее время экологический аспект является превалирующий несмотря на увеличение массы установки по сравнению с традиционной газотурбиной.

Установка с первичным источником электроэнергии, на борту для электропривода винта содержащая:

Источник электрической энергии, электронный блок управления и электродвигатель привода тягового винта.

Данная схема позволяет полностью избавиться от углеводородного топлива на летательном аппарате.

В качестве источника электроэнергии могут использоваться

• Литиевые батареи;

• Аккумуляторы;

• Топливные элементы;

Последний тип источника электроэнергии рассматривается, как наиболее перспективный при использовании водорода в качестве горючего и атмосферного кислорода, как окислителя. Хранение водорода на борту в криогенном состоянии при температуре 20,5К позволяет использовать его для охлаждения ВТСП обмоток электропривода тягового винта[1,2].

Литература:

[1] Пенкин В.Т. Разработка синхронных электрически машин с композитными и объемными сверхпроводниками в роторе. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. МАИ: Москва. 2012. 310с.

[2]Masson P.J., Soban D.S., Brown G.V. and Luongo C.A. HTS Machines as enabling Technology for All-Electric Airborne Vehicles // Superconductor Science and Technology. - 2007. -Vol.20-No.8-P. 748-756.

Superconducting electric motor for aeroelectromotion of an aircraft

Akhunov M.T.

MAI, Moscow

Superconducting electrical machines are gradually beginning to be introduced into various branches of the general industrial industry. There are known foreign developments of such machines for electric vehicles, drive propellers in shipboard electromotive systems, as wind and hydro generators, devices for mixing liquid metal, extruders for pulling metal pipes, etc. Compared with traditional electric machines, they have improved mass-energy parameters, better stability in electrical networks and higher efficiency.

With reference to aviation technology, the transition to an electric drive of propellers is considered promising.

To achieve the stated goals, the following types of power plants with electric traction screw drive are considered.

An installation comprising a turbo-shaft motor for driving a superconducting synchronous generator, a semiconductor controlled transducer with cryogenic cooling, a superconducting electric motor for driving a propeller. The use of such a scheme makes it possible to sharply reduce NOx emissions by 1.5 times and CO2 - by 20% and fuel consumption by 2 times. Currently, the environmental aspect is prevalent despite the increase in mass of the installation compared to the traditional gas turbine.

• Installation with a primary electric power source, on board for the electric drive of the screw containing:

The source of electrical energy, the electronic control unit and the electric motor of the traction screw drive.

This scheme allows you to completely get rid of hydrocarbon fuel on the aircraft.

As a source of electricity can be used

• Lithium batteries;

• Batteries;

• Fuel cells;

The latter type of electric power source is considered as the most promising when using hydrogen as a fuel and atmospheric oxygen as an oxidant. Storage of hydrogen on board in a cryogenic state at a temperature of 20.5 K allows it to be used for cooling HTSC windings of the electric drive of the propeller[1,2].

References:

[1] Penkin VT Development of synchronous electric machines with composite and bulk superconductors in the rotor. Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. MAI: Moscow. 2012. 310s.

[2]Masson P.J., Soban D.S., Brown G.V. and Luongo C.A. HTS Machines as enabling Technology for All-Electric Airborne Vehicles // Superconductor Science and Technology. - 2007. -Vol.20-No.8-P. 748-756.

Распределённая информационно-медицинская автоматизированная система диагностики состояния пациента

Бирюкова К.С.

МАИ, г. Москва

Целью работы является создание простого, надёжного и удобного в использовании диагностического прибора, основанного на методе измерения критической частоты слияния мерцаний (КЧСМ), а так же программного обеспечения рабочего места.

Измерение КЧСМ может быть использовано для быстрой и точной диагностики отклонения состояния человека от индивидуальной нормы. Результат сигнализирует об изменении состояния здоровья или о влиянии терапевтических процедур. Например, для принятия решения о допуске пилота к управлению воздушным судном.

Имеющиеся в настоящий момент измерители КЧСМ выполняются в виде автономных устройств, которые включают в себя генераторы импульсов, измерители частоты, источники питания, индикаторы результата измерений. Такие измерители сравнительно громоздки, не достаточно мобильны и позволяют выполнять только единичные измерения.

Актуальность – многообразие современных методов лечения затрудняет выбор правильного метода или методики процедур, трудно предсказывать последствия этих процедур, не удаётся оперативно оценить состояние здоровья и самочувствия работников ответственных направлений (лётчиков, моряков, силовых структур и т.д.).

Новизна работы – это использование широких возможностей компьютерной техники, в частности, ноутбуков, а также внедрение клиент-серверной архитектуры.

Практическая значимость работы – упрощение и ускорение диагностической процедуры.

Запланированными направлениями исследований являются проектирование системы антифокусировки зрачка и системы экранизации бокового зрения.

Для приближения прототипа измерителя к рабочей модели было спроектировано и разработано программное обеспечение рабочего места в составе модуля обработки результатов измерений, модуля визуализации информации, базы данных и модуля администрирования системы. В системе предусмотрены возможности получения, обработки и хранения измерений в связке с данными о пациентах, посещениях, врачах, назначениях, процедурах. Предусмотрены возможности анализа истории измерений и визуализации в текстовом и графическом виде, экспорта данных в различных форматах и вывода на печать.

Distributed information-medical automated system for diagnosis of the patient's condition

Biryukova K.S.
MAI, Moscow

The aim of the work is to create a simple, reliable and easy-to-use diagnostic tool based on the method of measuring the critical frequency of flicker fusion (KFFF), as well as workplace software.

Measurement of KFFF can be used to quickly and accurately diagnose a deviation of a person's state from an individual norm. The result signals a change in the state of health or the effect of therapeutic procedures. For example, to make a decision on the admission of the pilot to control the aircraft.

Current KFFF meters are implemented as stand-alone devices, which include pulse generators, frequency meters, power supplies, indicators of measurement result. Such meters are relatively cumbersome, not mobile enough and allow only single measurements to be performed.

Urgency - the diversity of modern methods of treatment makes it difficult to choose the right method or procedure procedures, it is difficult to predict the consequences of these procedures, it is not possible to quickly assess the health and well-being of workers in responsible directions (pilots, sailors, law enforcement agencies, etc.).

The novelty of the work is the use of the wide possibilities of computer technology, in particular, laptops, as well as the introduction of client-server architecture.

The practical significance of the work is the simplification and acceleration of the diagnostic procedure.

The planned research directions are the design of the pupil antifocus system and the side vision screening system.

To approximate the prototype of the meter to the working model, the workplace software was designed and developed as part of the module for processing the measurement results, the information visualization module, the database and the system administration module. The system provides the possibility of obtaining, processing and storing measurements in conjunction with data on patients, visits, doctors, appointments, procedures. You can analyze the history of measurements and visualization in text and graphics, export data in various formats and print.

Разработка архитектуры программного комплекса для турбореактивного двухконтурного двигателя

Борозный А.А., Романенков А.М.
МАИ, г. Москва

В современном авиастроении возникают задачи, связанные с разработкой турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД), она является одной из приоритетных в связи с высокой экономичностью при высокой тяговой эффективности ТРДД. Для автоматизации решения подобной задачи и был разработан программный комплекс.

Существующие аналитические методы расчета характеристик компрессоров представляют собой вычислительно трудоемкие задачи даже при использовании современных компьютерных технологий. В то же время характеристики лопаточных машин обычно необходимо знать на этапе проектирования. В этом случае часто целесообразно использовать приближённые методы расчета характеристик, при условии, что они обеспечивают приемлемую достоверность результатов.

Для это цели были разработаны DLL модули, которые представляют собой обособленные вычислительные модули. Они отвечают за формирования расчетных данных и графическое отображение рассчитываемых параметров. Сама структура проекта достаточно разветвлена, ей и будет посвящен доклад. Над алгоритмической частью находится подпрограмма, отвечающая за взаимодействие с пользователем через оконное приложение. В ней содержится основной функционал приложения: считывание параметров, вывод результатов, проверка корректности введенных данных, построение графиков, сохранение и загрузку отдельных модулей.

Разработанная архитектура является оригинальным решением для поставленной задачи. Подобная работа достаточно актуальна, так как архитектуру программного комплекса можно будет переложить на множество похожих приложений для решения различных конструкторских и испытательных задач. Подобное разъяснение позволить упростить разработку аналогичных программных комплексов и уменьшить затраты временного ресурса. Для изменения направленности проекта при такой архитектуре, достаточно будет заменить всего лишь несколько модулей - не прибегая к кардинальным изменениям.

Development of software architecture for turbojet engine

Borozny A.A., Romanenkov A.M.
MAI, Moscow

In the modern aircraft industry there are problems associated with the development of turbojet engines (turbojet), it is one of the priorities due to the high efficiency with high traction efficiency turbojet. To automate the solution of such a problem, a software package was developed.

The existing analytical methods for calculating the characteristics of compressors are computationally time-consuming tasks, even with the use of modern computer technology. At the same time, the characteristics of the shovel machines are usually necessary to know at the design stage. In this case, it is often advisable to use approximate methods for calculating the characteristics, provided that they provide acceptable reliability of the results.

For this purpose, DLL modules were developed, which are separate computing modules. They are responsible for the formation of the calculated data and graphical display of the calculated parameters. The structure of the project is quite extensive, and the report will be devoted to it. Above the algorithmic part there is a subroutine responsible for interaction with the user through the window application. It contains the basic functionality of the application: reading parameters, output results, checking the correctness of the data entered, plotting, saving and loading of individual modules.

The developed architecture is an original solution for the task. Such work is quite relevant, as the architecture of the software complex can be shifted to a variety of similar applications to solve various design and test problems. This explanation will simplify the development of similar software systems and reduce the cost of time. To change the direction of the project with this architecture, it will be enough to replace only a few modules-without resorting to drastic changes.

Ультратонкие печатные платы – новые технологии в авионике

Васильев Ф.В., Медведев А.М.
МАИ, г. Москва

На рынке появились тонкие композиционные диэлектрики, позволяющие многократно уменьшить толщину многослойных печатных плат (МПП). Например, шестислойная МПП, имеющая толщину 1,6 мм, превращается в плату толщиной 0,4 мм. Основа композита: связующее – тонкий полиимид, наполнитель – кварц. И то и другое имеют относительно низкую диэлектрическую проницаемость и фактор потерь. Что это дает?

1. Увеличить на порядок теплопередачу от компонентов к теплоотводящему основанию.
2. Уменьшить потери в линиях связи за счет использования полиимидного связующего и кварцевого наполнителя.
3. Уменьшить конструктивные задержки в линиях связи за счет уменьшенной диэлектрической проницаемости композиционного диэлектрика
4. Малая толщина межслойной изоляции и малая величина диэлектрической проницаемости нового материала корреспондируются с необходимостью использования тонкого рисунка проводников, что позволяет значительно увеличить плотность межсоединений МПП и соответственно – плотность компоновки электронных компонентов на плате.

5. Модифицированные полиимидные материалы демонстрируют хорошие электроизоляционные свойства в широком диапазоне внешних климатических воздействий.

6. Благодаря низкому значению коэффициента термического расширения полиимида и малой толщине ультратонких печатных плат они показывают исключительно большую устойчивость к термическим нагрузкам.

Одним из важных двигателей прогресса в конструкциях и технологиях печатных плат, как, впрочем, и в других областях техники, является появление новых, улучшенных материалов. В данном случае новые материалы, при незначительных изменениях технологии и несущественных капитальных затратах, значительно улучшают конструкционные и надежностные характеристики печатных плат.

Ultra-thin printed circuit boards — new technologies in avionics

Vasiliev F.V., Medvedev A.M.
MAI, Moscow

Thin composite dielectrics allows to repeatedly reduce the thickness of multi-layer printed circuit boards (PCB). For example, a six-layer PCB with a thickness of 1.6 mm is converted into a PCB 0.4 mm. The basis of the composite: the binder is a thin polyimide, the filler is quartz. Both have relatively low dielectric permeability and a loss factor. Advantages of this solution:

1. Increasing of heat transfer from the components to the heat sink base.

2. Reducing losses in interconnects due to the use of polyimide binder and quartz filler.

3. Reducing the delays in interconnects due to the reduced dielectric permittivity of the composite dielectric

4. The small thickness of the layer's insulation and the small dielectric constant requires of using a thin pattern of conductors, which allows to increase the density of the interconnections of the PCB and the density of the electronic components layout.

5. Modified polyimide materials demonstrate good electrical insulation properties in a wide range of climatic influences.

6. High resistance to thermal loads due the low thermal expansion coefficient of polyimide and the small thickness of ultra-thin printed circuit boards.

Emergence of new, improved materials is one of the important engines of progress in the design and technologies of printed circuit boards. These materials significantly improve the design and reliability characteristics of printed circuit boards with minor changes in technology and capital costs.

Автоматическая посадка беспилотного летательного аппарата самолетного типа с использованием спутниковой навигационной системы и резервного лазерного дальномера

Васильева С.С., Бисенов О.В., Книга В.С.
КБПА, г. Саратов

В работе представлены результаты математического моделирования разработанного алгоритма автоматической посадки для беспилотного летательного аппарата самолетного типа, а именно результаты математического моделирования режима «автоматическая посадка» с использованием лазерного дальномера при условии отказа приемника СНС.

Посадка является заключительным и одним из самых сложных этапов полета. Система автоматической посадки должна обеспечивать адаптивность к изменению внешних условий, точность, а так же устойчивость функционирования в случае потери сигналов информационных систем во время выполнения режима.

Существуют различные системы автоматической посадки, одной из которых является система посадки на базе спутниковой навигационной системы (СНС). Выполнение автоматической посадки с использованием спутниковой навигационной системы должно предполагать реконфигурацию системы управления в случае отказа оборудования, потери или искажение сигнала.

Одним из таких решений является использование лазерного дальномера в условиях автоматической посадки совместно с сигналами спутниковой навигационной системы.

Целью работы является разработка математических моделей контура управления, включающего лазерный дальномер, спутниковой навигационной системы, проведение математического моделирования режима «автоматическая посадка» с использованием лазерного дальномера при условии отказа приемника СНС.

В работе представлены результаты математического моделирования разработанного алгоритма автоматической посадки для беспилотного летательного аппарата самолетного типа.

Automatic landing of fixed-wing unmanned aerial vehicle using satellite navigation system and laser distance meter

Vasilieva S.S., Bisenov O.V., Kniga V.S.
DBIA, Saratov

Landing is the final and one of the most complicated flight phases. An automatic landing system should ensure adaptivity to the environmental changes, accuracy, as well as stable performance in case the signal of the information systems is lost during some mode.

There are different types of automatic landing systems, one of them is a landing system based on the satellite navigation system. An automatic landing using an SNS involves the flight control system reconfiguration in the event of the equipment failure, signal loss or distortion.

Laser distance meter application during an automatic landing in collaboration with signals from a satellite navigation system can be suggested as a solution.

The purpose of the article is development of a mathematical model of a control loop including a laser distance meter, of a satellite navigation system, control algorithms; mathematical modeling of “automatic landing” mode using a laser distance meter if the SNS receiver fails.

This paper contains the results of the mathematical modeling of the developed automatic landing algorithm for a fixed-wing unmanned aerial vehicle.

Разработка системы электронного тестирования авиационных специалистов по английскому языку в соответствии с требованиями ИКАО

Викулин М.А., Хорошко Л.Л.
МАИ, г. Москва

Согласно действующему стандарту Международной организации гражданской авиации (ИКАО), авиационные специалисты, выполняющие полёты в гражданской авиации, для которых английский язык не является родным, должны демонстрировать языковую компетенцию в соответствии со шкалой ИКАО, определяющей уровень владения авиационным английским языком. Все авиационные специалисты должны владеть английским языком во всех аспектах, необходимых для эффективной коммуникации между пилотами и диспетчерами, на уровне не ниже четвёртого по шкале ИКАО.

С целью оптимизации и автоматизации процесса проведения тестирования и определения уровня владения авиационным английским языком была разработана система электронного тестирования, предоставляющая функционал по регистрации пользователей, оформлению заявлений и договоров, формированию расписания работы авиационного учебного центра (АУЦ) и записи на тестирования, а также по проведению очного тестирования и выставлению оценок.

Разработанная система универсальна и может быть внедрена в любой АУЦ. Универсальность достигается за счёт возможности конфигурации расписания: каждый центр может выбрать дни, в которые он будет проводить тестирования, а также время и количество мест, доступных для записи. Записаться на тестирование авиационный специалист может как лично, используя свои данные для входа в систему, так и с помощью администратора АУЦ.

Процесс проведения тестирования в системе разделён на две части: «listening» и «speaking». Первая часть является электронным тестированием, в результате прохождения которого система автоматически выставляет оценку в соответствии с выбранными ответами. Вторая часть представляет собой взаимодействие экзаменатора и экзаменуемого. Они входят в систему и переходят в сгенерированный вариант «speaking», содержащий переключаемые экзаменатором слайды, которые сопровождают общение экзаменатора и экзаменуемого.

После проведения второй части экзаменатор прикрепляет в систему аудиозапись экзамена, после чего рейтеры выставляют оценки в системе. По результатам выставленных оценок система определяет уровень владения авиационным английским языком по шкале ИКАО.

Development of an electronic testing system for aviation specialists in the English language in accordance with the requirements of ICAO

Vikulin M.A., Khoroshko L.L.
MAI, Moscow

According to the current standard of the International Civil Aviation Organization (ICAO), aviation specialists flying civil aviation, for who English is not native, must demonstrate language competence in accordance with the ICAO scale, which determines aviation proficiency in English. All aviation specialists should be fluent in English in all aspects necessary for effective communication between pilots and controllers, at a level no lower than fourth on the ICAO scale.

In order to optimize and automate the testing process and determine the level of proficiency in aviation English, an electronic testing system has been developed that provides functionality for registering users, issuing applications and contracts, setting up an aviation training center (AUC) schedule and writing for testing full-time testing and scoring.

The developed system is universal and can be implemented in any ATC. Universality is achieved due to the possibility of configuring the schedule: each center can choose the days on which it will conduct tests, as well as the time and number of places available for recording. An aviation specialist can sign up for testing both personally, using his data to enter the system, and with the help of the ATC administrator.

The testing process in the system is divided into two parts: “listening” and “speaking”. The first part is an electronic test, as a result of which the system automatically evaluates in accordance with the selected answers. The second part is the interaction of the examiner and the examinee. They enter the system and go to the generated version of “speaking,” containing slides that are switched by the examiner, which accompany the communication between the examiner and the examinee.

After conducting the second part, the examiner attaches an audio recording of the exam to the system, after which the raters give marks to the system. Based on the results of the ratings, the system determines the level of proficiency in aviation English on the ICAO scale.

Особенности применения методологии ITIL/ITSM в ИТ-системах наукоемких организаций

Власов И.В.
МАИ, г. Москва

Одной из наиболее популярных методологий управления ИТ-системами коммерческих компаний, доказавших свою эффективность за последние 20 лет, является ITSM (IT Service Management) – методология управления сервисами, предоставляемыми ИТ-компанией или ИТ-подразделением. Сутью данной методологии является обеспечение посредством базовых процессов управления ИТ-системами максимально высокого качества предоставляемых ИТ-компанией или подразделением услуг на всех этапах их жизненного цикла, компонуемым в востребованные потребителями сервисы.

В ITSM выделяется 10 базовых процессов управления, обязательных для реализации в любой эффективной коммерческой ИТ-системе. К ним относятся процессы управления инцидентами, проблемами, конфигурациями ИВС, изменениями, релизами ПО, уровнем услуг (сервисов), возможностями (мощностями) ИВС, рисками и финансами. Ядром реализации ITSM является базовая функция Service Desk, имеющая несколько вариантов стандартных реализаций.

Однако, использовать методологию ITIL/ITSM в «классическом» виде в ИТ-системах высокотехнологичных организаций весьма затруднительно, так как многие процессы управления в таких компаниях реализуются иначе, чем в коммерческих, а некоторые важные процессы управления ИВС вообще отсутствуют в ITSM. Например, процессы управления безопасностью (включая соответствующие политики и стандарты), приложениями, критичным ПО (особенно автоматизированными системами поддержки жизненного цикла изделий), процесс внедрением методологии ITSM с учетом перспектив деятельности компании, а также процессы контроля качества продукции смежников, управления различной отчетностью и др. В докладе особо выделяется проблема использования методологии ITIL/ITSM в высокотехнологичных компаниях, связанная со сложностью организации процесса непрерывного поиска улучшений всех реализованных компонентов ИТ-системы и процессов управления ею. Предлагается возможный способ решения этой проблемы на основе постоянного мониторинга эффективности использования компонентов ИТ-системы пользователями и администраторами, морального старения программно-аппаратных средств, а также выявления несоответствия реализаций целевых функций высокотехнологичной организации функциональным особенностям используемой ИТ-системы.

Features of application of ITIL / ITSM methodology in IT systems of knowledge-based organizations

Vlasov I.V.
MAI, Moscow

One of the most popular methodologies for managing IT systems for commercial companies that have proven effective over the past 20 years is ITSM (IT Service Management), a methodology for managing the services provided by an IT company or IT department. The essence of this methodology is to ensure, through the basic processes of managing IT systems, the highest possible quality of services provided by the IT company or division of services at all stages of their life cycle, which are assembled into the services demanded by consumers.

ITSM identifies 10 basic management processes that are mandatory for implementation in any effective commercial IT system. These include processes for managing incidents, problems, ITT configurations, changes, software releases, the level of services (services), capabilities (capacities) of IVS, risks and finances. The core of the implementation of ITSM is the basic Service Desk function, which has several variants of standard implementations.

However, it is very difficult to use the ITIL / ITSM methodology in the "classical" form in the IT systems of high-tech organizations, as many management processes in such companies are implemented differently than in commercial ones, and some important ITS management processes are generally absent in ITSM. For example, security management processes (including relevant policies and standards), applications, critical software (especially automated product life cycle support systems), the implementation of the ITSM methodology, taking into account the company's business prospects, as well as quality control processes for the products of subcontractors, management of various reports, etc. The report highlights the problem of using the ITIL / ITSM methodology in high-tech companies due to the complexity of organizing the continuous search process for A possible way of solving this problem is suggested on the basis of constant monitoring of the effectiveness of using the IT system components by users and administrators, the moral aging of software and hardware, and also revealing the inconsistency of the realizations of the target functions of a high-tech organization with the functional features of the IT system in use.

Внедрение информационных и электронных технологий в процесс обучения

Волосов В.В.
МАИ, г. Москва

Мир стоит на пороге четвертой промышленной революции. Все бытовые и промышленные устройства включаются в единую сеть, что позволяет им взаимодействовать между собой. Например, таким образом не будет необходимо присутствие оператора или наладчика на производстве. Загрузка программы и наладка оборудования производится удаленно. Данную процедуру возможно проэмулировать программными средствами.

В связи с тем, что развитие техники происходит с высоким темпом, учебные материалы быстро устаревают и становятся неактуальными. Поэтому учебный курс должен непрерывно обновляется и актуализироваться. В этом большое преимущество имеют электронные источники, т.к. Студенты имеют возможность получить актуальные материалы практически из любого места, а преподаватели могут своевременно и оперативно обновлять их в соответствии с современными стандартами и технологиями. Таким образом, обучение становится доступным и открытым

Учебные материалы могут содержатся не только в текстовом формате, но и в мультимедийном. Например, могут быть включены видеоматериалы, анимации, 3D модели. Например, для изучения языков программирования каждый пример кода может быть пошагово визуализирован.

Учебная программа может быть гибкой: последовательность и продолжительность изучения материалов может быть адаптирована под конкретного студента, учитывая его потребности и возможности. Также при проверке знаний студента, система может выявить с какими проблемами сталкивается студент, и какие ошибки чаще совершает. Затем на основе полученных данных, система формируются индивидуальные уроки

Также в электронных системах обучения возможно применить систему достижений и наград, а также другие подходы, которые характерны для компьютерных игр, что позволяет стимулировать обучение и повысить вовлеченность в процесс.

Электронная система обучения сможет более объективно оценить знания в соответствии с конкретными критериями.

Студенты могут иметь возможность в электронной системе общаться и помогать друг другу, либо выполнять коллективные задачи. Это позволяет получить опыт работы в команде.

Кроме того, появляется возможность участия студентов в реальных проектах, привлекая их для решения различных задач для использования их творческих способностей, знаний и опыта по типу субподрядной работы. Например, предложить студентам перевод статей, или решение задач по программированию. Задачи могут быть выданы любой сторонней организацией, за счет чего снижаются затраты на обучение.

Introduction of information and electronic technologies in the learning process

Volosov V.V.
MAI, Moscow

The world is on the threshold of the fourth industrial revolution. All household and industrial devices are included in a single network, which allows them to interact with each other. For example, in this way, there is no need to be an operator or a service technician at work. Loading programs and adjusting equipment is done remotely. This procedure can be emulated by software.

Due to the fact that the development of technology occurs at a high rate, the teaching materials quickly become obsolete and become irrelevant. Therefore, the training course should be constantly updated and updated. In this great advantage there are electronic sources, because Students have the opportunity to get up-to-date information from anywhere, and teachers can update them in a timely and timely manner in accordance with modern standards and technologies. Thus, training becomes available and open

Training materials can contain not only in text format, but also in a multimedia format. For example, video materials, animations, 3D models can be included. For example, to learn programming languages, each code sample can be step-by-step visualized.

The curriculum can be flexible: the sequence and duration of the study of materials can be adapted to the specific student, given his needs and capabilities. Also, when checking the student's knowledge, the system can identify with what problems the student is facing, and what mistakes are more often committed. Then, based on the data of the system, individual lessons are formed

Also, in electronic learning systems, you can use a system of achievements and awards, as well as other approaches that can activate learning and improve performance in the process.

The electronic training system allows more objective assessment of knowledge in accordance with specific criteria.

Students can have the opportunity in an electronic system to communicate and help each other, or perform collective tasks. This allows you to gain experience in the team.

In addition, there is an opportunity for students to participate in real projects, involving them to solve various problems for the use of their creative abilities, knowledge and experience in the type of subcontract work. For example, I offer students translation of articles, or solving programming problems. Tasks can be issued to any third-party organization, thereby reducing the cost of training.

Моделирование автоматизированной прокладки маршрута полета группы БПЛА при выполнении поставленных задач с учетом воздушной обстановки и возможного противодействия

Воронина А.В., Егорова А.Н.
МАИ, г. Москва

Групповое применение различных видов беспилотных летательных аппаратов (БЛА) является перспективным направлением в использовании беспилотной авиационной техники при решении большого спектра военных и гражданских задач. Для формирования программных управлений группой БЛА необходимо предварительно сформировать их траектории, учитывающие индивидуальные или совместные полетные задания группы.

Исходя из цели миссии, необходимо рассчитать профиль полета, поворотные пункты маршрута, учитывать расход топлива (либо электроэнергии), физико-географические и погодные условия, противодействие противника, радиовидимость, условия съемки. Решение задачи подразумевает возможность наиболее рационального использования не только каждого отдельного БЛА, но и всей группы в целом.

При разработке автоматизированной прокладки маршрута требуется выбрать методы, которые позволят построить универсальный алгоритм прокладки оптимального маршрута полета группы, а так же перестраивать маршруты каждого БЛА при изменении численности группы.

Система прокладки маршрутов должна решать ряд задач:

• Разделение территории на участки, распределенные для облета каждому БЛА

• Расчет потребного количества БЛА, учет запаса топлива, радиовидимости и различных типов БЛА.

• Построение первого приближения траекторий движения

• Построение графов, аппроксимирующих передвижение БЛА между целями, решение задачи построения оптимального пути для каждого графа.

• Уточнение траекторий

• Учет рельефа и известных точек размещения ПВО, учет скорости поворотов БЛА в движении, расчет точек набора высоты и снижения.

• Синхронизация БЛА в группе

• Пересчет траекторий при изменении численности группы

• Моделирование полета, расчет рисков и необходимого времени

Был разработан алгоритм распределения БЛА по зонам действия, планирования полета каждого БЛА, уточнение траекторий и расчета точек набора высоты и снижения без учета воздействия погодных условий. Разработанные алгоритмы реализованы на языке программирования C++ с использованием фреймворка Qt для визуализации.

Simulation of automated routing of the flight of a group of UAVs in the performance of its tasks, taking into account the air situation and possible counteraction

Voronina A.V., Yegorova A.N.
MAI, Moscow

The group use of various types of unmanned aerial vehicles (UAVs) is a promising direction in the use of unmanned aircraft in solving a wide range of military and civilian tasks. For the formation of software controls by a group of UAVs, it is necessary to preliminarily form their trajectories that take into account individual or joint flight tasks of the group.

Based on the purpose of the mission, it is necessary to calculate the flight profile, turning points of the route, take into account fuel (or electricity) consumption, physical-geographic and weather conditions, opposition of the enemy, radio visibility, shooting conditions. The solution of the problem implies the possibility of the most rational use of not only each individual UAV, but also of the whole group.

When developing an automated route planning, you need to choose methods that will allow you to build a universal algorithm for laying the optimal flight route for a group, as well as to rebuild the routes of each UAV when the number of groups changes.

The route planning system should solve a number of tasks:

• The division of the territory into areas distributed for each flight of UAVs

• Calculation of the required number of UAVs, accounting for fuel, radio visibility and various types of UAVs.

• Construction of the first approximation of the trajectories of motion

• Building graphs that approximate UAV movement between targets, solving the problem of constructing the optimal path for each graph.

• Refinement trajectories

• Taking into account the relief and known points of placement of air defense, taking into account the speed of the turns of the UAV in motion, the calculation of the points of climb and descent.

• BLA synchronization in the group

• Recalculation of trajectories when changing the size of the group

• Flight simulation, calculation of risk and time required

An algorithm was developed for the distribution of UAVs by areas of operation, flight planning for each UAV, specification of trajectories and calculation of climb and descent points without taking into account the impact of weather conditions. The developed algorithms are implemented in the C ++ programming language using the Qt framework for visualization.

Об особенностях методического подхода к формированию облика интегрированной системы ориентации и стабилизации перспективных КА системы ГЛОНАСС

[1]Галиханов Н.К., [2]Титов Е.В., [1]Пасынков В.В., [1]Красильщиков М.Н.
[1]МАИ, [2]Филиал «ПНБО» АО «НПК «СПП», г. Москва

На современном этапе развития спутниковой системы ГЛОНАСС предъявляются высокие требования к точности, целостности и доступности навигационного обеспечения потребителей системы. В связи с этим, в последнее время все четче обозначается ситуация, при которой, с точки зрения повышения точности эфемеридно-временного обеспечения, на первый план выходят эффекты второго порядка малости, связанные, в том числе, с ошибками, порождаемыми системой ориентации и стабилизации (СОС) космического аппарата. Таким образом, задача формирования облика интегрированной СОС перспективных КА системы ГЛОНАСС становится особенно актуальной.

Современные интегрированные системы навигации КА, как правило, формируют навигационное решение путем комплексирования данных ГНСС-приемника и бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС). Предложен новый вариант интегрированной архитектуры СОС перспективных КА системы ГЛОНАСС на основе жестко (сильно) связанной схемы комплексирования данных, в которой в качестве аналога информации ГНСС-приемника выступают данные межспутниковой лазерной навигационно-связной системы (МЛНСС), а в качестве аналога БИНС – данные блока датчиков угловых скоростей. К отличительным особенностям предложения относятся параметры решения задачи в каскадном фильтре Калмана, а также найденный способ исключения влияния на алгоритмы, реализованные в специальном вычислительном устройстве (СВУ) МЛНСС, в отличие от глубоко-интегрированного аналога схемы комплексирования.

Представлены результаты имитационного моделирования процесса функционирования СОС в различных режимах работы с учетом широкого спектра возмущающих факторов, которые демонстрируют перспективность применения терминала МЛНСС в составе СОС перспективных КА системы ГЛОНАСС для решения задачи повышения точности определения его пространственной ориентации. Делаются выводы об условиях и ограничениях применения рассматриваемого подхода.

About the specifics of the methodical approach to the formation of the shape of the integrated attitude control system of perspective GLONASS spacecrafts

[1]Galikhanov N.K., [2]Titov Y.V., [1]Pasynkov V.V., [1]Krasilshchikov M.N.
[1]MAI, [2]The affiliated branch «PNBS» JSC «RPC «PSI», Moscow

At the present stage of development of the GLONASS satellite system, high demands of the accuracy, integrity and availability of navigation support for the system's consumers are imposed. In this regard, recently the situation is indicated in which, from the point of view of improving the accuracy of ephemeris-time support, second-order effects come more significant, associated with errors generated by the attitude system of spacecraft, among others. Thus, the task of forming the shape of the attitude control system of perspective GLONASS spacecrafts becomes particularly relevant.

Modern integrated spacecraft navigation systems, as a rule, form a navigation solution by integrating data from a GNSS receiver and an inertial navigation system (INS). A new version of the integrated attitude system's architecture of perspective spacecraft of the GLONASS system based on a heavily related data integration scheme is proposed, in which data from the inter-satellite laser navigating link system (ILNLS) is used as an analogue of GNSS receiver information, and the unit of gyroscopes is used as an analogue of INS. The distinctive features of the proposal include the parameters for solving the problem by Kalman's cascade filter. Method of eliminating the interference with algorithms implemented in a special computing device ILNLS is founded, in contrast to the deeply integrated analogue of the integration scheme.

The results of simulation modeling of the attitude system with wide range of disturbing factors in various modes of operation are presented. Shown, that using the ILNLS terminal as part of the attitude control system to solve the problem of increasing the accuracy of determining spacecraft spatial orientation is perspective way. Conclusions are drawn about the conditions and limitations of the application of the approach.

Разработка, изготовление и исследование высокотемпературного кремниевого преобразователя давления для транспортных систем

Годовицын И.В., Суханов В.С., Панков В.В., Еремин П.М.
НПК «Технологический центр», г. Зеленоград

Кремниевые преобразователи давления, изготавливаемые на основе КНИ-структуры, обладают рядом неоспоримых достоинств, среди которых высокие измерительные характеристики, малые габариты и вес, низкая себестоимость. Такие преобразователи представляют большой интерес с точки зрения создания датчиков для проведения

измерений при высокой температуре и жестких условия окружающей среды, в частности, в системах управления летательных аппаратов.

В статье описана разработка и изготовление высокотемпературного кремниевого преобразователя давления на основе КНИ-структуры для диапазона температуры от минус 45 ºС до 220 ºС. При разработке конструкции и технологии использован многолетний опыт НПК "Технологический центр" в области создания кремниевых преобразователей давления.

Чувствительный элемент (ЧЭ) преобразователя состоит из 3х частей: основания, прокладки и кристалла мембраны, который формируется из КНИ-пластины. Основание обеспечивает крепление кристалла мембраны к корпусу. Прокладка соединяет основание и кристалл мембраны. Тензорезисторы расположены в местах концентрации механических напряжений на кристалле мембраны. Кристалл мембраны непосредственно осуществляет преобразование давления в выходное напряжение. Части кристалла преобразователя соединены между собой легкоплавким стеклом.

Сформированный ЧЭ размещается в металлостеклянном цилиндрическом корпусе типа ТО-5корпусе, который удовлетворяет требованиям стойкости к высокой температуре (более 220 °С). Монтаж крышки осуществлен с использованием конденсаторной сварки, обеспечивающей надежное соединение в широком диапазоне температур.

Для измерения характеристик преобразователей использована двухкамерная конфигурация испытательного оборудования, позволяющая разбить рабочий диапазон температур преобразователя на два – от минус 45°С до +85°С и от +85°С до +220°С. Исследование преобразователей показало, что приборы имеют высокие метрологические характеристики, близкие к традиционным преобразователям, использующим диффузионные тензорезисторы. Проведен анализ полученных результатов.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.577.21.0245, уникальный идентификатор ПРИЭР RFMEFI57717X0245).

В работе использовалось оборудование ЦКП "Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники" (ЦКП НПК "Технологический центр").

Design, fabrication and characterization of a high-temperature silicon pressure transducer for transport systems

Godovitsyn I.V., Sukhanov V.S., Pankov V.V., Eremin P.M.
State Research Complex “Technological centre”, Zelenograd

Silicon pressure transducers, manufactured on the basis of SOI-structure, have a number of undeniable advantages, including high measurement characteristics, small size and weight, low cost. These transducers are of great interest from the point of view of creating sensors for measurements at high temperatures and harsh environmental conditions, in particular, in aircraft control systems.

The article describes the design, fabrication and characterization of high-temperature silicon pressure transducer based on the SOI-structure for the temperature range from minus 45 °C to 220 °C. The design and fabrication is carried out at the facilities of SRC "Technology center" having over 20 years of experience in the field of silicon pressure transducers.

The sensing element (SE) of the transducer consists of 3 parts: the pedestal, the spacer and the membrane die, which is formed from the SOI-wafer. The pedestal provides fastening of the membrane die to the package. The spacer connects the pedestal and the membrane die. The strain gages are located in places of concentration of mechanical stresses on the membrane die. The membrane die directly converts pressure into output voltage. The parts of the SE are connected by a low-melting glass.

The formed SE is located in a metal-glass cylindrical package of the TO-5 body type, which meets the requirements of resistance to high temperature (more than 220 °C). Installation of the cap is carried out with the use of condenser welding, providing a reliable connection in a wide temperature range.

To measure the characteristics of the transducers, a two-chamber configuration of the test equipment is used, which allows to divide the operating temperature range of the transducer into two – from minus 45°C to +85°C and from +85°C to + 220°C. The study of transducers showed that the devices have good metrological performance close to traditional transducers using p+ diffused strain gages. The analysis and discussion of the obtained results is carried out.

Work is executed at financial support of the Ministry of education and science of the Russian Federation (Agreement No. 14.577.21.0245, a unique identifier, PRIOR RFMEFI57717X0245).

In work the equipment of CCP "Functional control and diagnostics of micro- and nanosystem equipment" (CCU SRC "Technological center") was used.

Автоматизация проектирования паяльных 3D-масок

Горелов А.О., Тучина И.О.
МАИ, г. Москва

В Московском авиационном институте на кафедре «Технология приборостроения» ведется разработка технологии нанесения паяльных масок с помощью 3D-принтера из материала, схожего по своим свойствам с материалом диэлектрика печатной платы – эпоксидной смолы [1]. Поскольку технология 3D-масок достаточно новая, то существующие системы автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП) не могут обеспечить должного уровня автоматизации операций при проектировании и изготовлении 3D-маски и оснастки под печатную плату (ПП), что, в свою очередь, затрудняет разработку, исследование и внедрение этой технологии.

Для решения этой проблемы поставлена задача разработки модуля для существующих систем. Выполнение поставленной задачи разбито на несколько этапов:

1. Разработка алгоритмов автоматической генерации оснастки под ПП для установки этой платы в 3D-принтер и классической «плоской» 3D-маски, т.е. без объемных «кроваток» под электронные компоненты. В качестве входных данных алгоритмам подается gerber или dxf/dwg файл с 2D изображением паяльной маски и информация о толщине печатной платы и желаемая толщина 3D-маски.

2. Проведение экспериментов для определения оптимальных параметров «плоских» 3D масок.

3. Разработка алгоритмов генерации «объемной» 3D-маски.

4. Разработка модуля, способного работать независимо или подключаемого к одной из существующих САПР.

5. Проведение экспериментов с целью внедрения новых функций и учета выявленных недостатков.

Результатом работы модуля являются файлы формата STL, которые передаются в АСТПП 3D-принтера.

В настоящее время выполнены работы по первому и частично второму этапам – разработаны алгоритмы автоматической генерации оснастки и «плоской» 3D-маски, проведены эксперименты по определению адгезии масок к материалам печатных плат [2, 3]. Ведутся работы по разработке модуля САПР. Тестирование разрабатываемой системы планируется проводить на 3D-принтере Objet Connex260 и АСТПП Objet Studio.

Литература:

1. Горелов А.О. «Нанесение паяльных масок на 3D-принтере». Сборник тезисов докладов «Инновации в авиации и космонавтике-2014» // ООО «Принт-салон», 2014;

2. Горелов А.О. «Адгезия 3D масок к печатной плате». Сборник тезисов докладов «Авиация и космонавтика-2014» // Мастерская печати, 2014;

3. Васильев Ф.В., Горелов А.О. Адгезия паяльных масок, полученных на 3D-принтере // Электроника: наука, технология, бизнес. 2017. №6. С. 194-196

Automation of design of soldering 3D-masks

Gorelov A.O., Tuchina I.O.
MAI, Moscow

At the Moscow Aviation Institute, department "Electronics Manufacturing Technology", we develop a way to apply solder masks by employing 3D printing with material similar to PCB's dielectric materials - epoxy resin [1]. As 3D masks technology is quite new, existing CAD and generative planning systems cannot provide desired level of automation for design and production of 3D masks and PCB snap-ins, which makes it difficult to develop, research and implement this technology.

To solve this problem, we decided to develop a module for existing systems. Implementation can be split into following stages:

1. Develop algorithm for automatic generation of PCB snap-in. It should support installing the board into a 3D printer as well as a classic "flat" 3D mask, i.e. without "cots" for electronic components. As input data, we can use a gerber or dxf / dwg file with a 2D image of the solder mask and information about the thickness of the printed circuit board and the desired thickness of the 3D mask.
2. Experiment to determine the optimal parameters for "flat" 3D masks.
3. Develop algorithm for generation of a "voluminous" 3D mask.
4. Develop module capable of working independently or connected to one of the existing CAD systems.
5. Conduct experiments to introduce new functions and take into account the identified shortcomings.

The output of the module is STL files, which can be used as an input for the CAM system of 3D printer.

Currently, work on the first and partially second stages has been completed - algorithms for automatic generation of PCB snap-in and a "flat" 3D mask have been developed, experiments have been conducted to determine the adhesion of masks to PCB's materials [2, 3]. Work is underway to develop a CAD module. Testing of the in-development system is planned to be carried out on Objet Connex260 3D printer and CAM system Objet Studio.

Анализ средств управления ИРН в среде MATLAB Simulink

Долгушин А.С., Аверин С.В.
МАИ, г. Москва

Создание перспективных преобразователей электроэнергии (ПЭ) требуют решения ряда задач, к которым относится в том числе и управление средствами электронных устройств автоматического контроля и передачи параметров ПЭ.

С ужесточением требований к массогабаритным показателям и увеличением потребляемой мощности, а также сложным условиям эксплуатации устройств и увеличением количества контролируемых параметров, возникает потребность в усложнении и введении новых алгоритмов, даже после ввода устройства в эксплуатацию. Однако, когда требование к массе и объему играют решающую роль, усложнять схему управления, вводя новые элементы невозможно.

На современном этапе развития электроники проверять на работоспособность устройства и особенно программные средства управления физическим способом признано не целесообразным [1, 2]. В целях уточнения расчетов, устранения ошибок используются различные компьютерные программы моделирования процессов, протекающих в электрических схемах. Например, Orcad PSpice, PSIM, ISIS Proteus, LTspice и др.

Большинство из них, однако, не могут обеспечить моделирование работы контроллера, либо использование готовой модели контроллера приводит к значительному увеличению требуемой вычислительной мощности компьютера. Среда моделирования MATLAB Simulink является универсальным средством моделирования, как силовых электрических схем, так и алгоритмах управления, базирующихся на использовании микроконтроллеров.

В работе проведен анализ способов управления импульсного регулятора напряжения (ИРН), таких как гистерезисное, (широтно-импульсное регулирование) ШИР по напряжению (Voltage mode), ШИР регулирование по току (Current mode), ШИР по напряжению с релейным режимом по току, комбинация Voltage mode и Current mode, фазовое управление. Также осуществлен анализ реализации законов управления как с помощью дискретных элементов, так и микроконтроллера.

Также разработана математическая модель силовой части и устройства управления для ИРН [3]. Проведено моделирование схемы управления с использованием SPICE компонентов и с использованием модели микроконтроллера, оценены возможности применения различных законов управления P, PI, 2P2Z.

Литература:

[1] Р. Хайнеман — "Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE" Москва: ДМК Пресс, 2008.

[2] Н. С. Гуменюк, Е. С.Халикова — "Применение имитационного моделирования для анализа работы транспортных систем"

[3] В. И. Мелешин— "Транзисторная преобразовательная техника". Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2005.

Analysis of PVR control facilities in MATLAB Simulink environment

Dolgushin A.S., Averin S.V.
MAI, Moscow

Perspective power converter (PC) development requires a number of solutions including the control by auto monitoring electronic devices and transmission PC parameters.

There is a need to complicate control algorithms and improve them in the future because of tightening requirements for mass and size indicators, consumption power increasing, difficult operating conditions of devices and the increase in number monitored parameters. In addition, there is a need to introduce new algorithms even if a device is put into operation. However, when the mass and volume requirements play a crucial role it is not possible to complicate the control scheme by introducing new elements.

At the present stage of electronic system development, it is considered unreasonable to check the efficiency of the device and especially software controls by using physical modeling method [1, 2]. Various computer programs are used to simulate the processes occurring in electrical circuits in order to clarify the calculations, eliminate errors. For example Orcad PSpice, PSIM, ISIS Proteus, LTspice etc.

Most of them cannot provide controller simulation or use of the integrated controller model leads to a significant increase in the required computing power of the personal computer. MATLAB Simulink simulation environment is a universal tool for modeling both power electrical circuits and control algorithms based on the microcontroller use.

The paper analyzes the methods of control the pulse voltage regulator (PVR) such as hysteresis, Voltage mode PWM (pulse width modulation), current mode PWM, Voltage mode PWM with hysteresis current control, combination of Voltage mode and Current mode, phase control. The analysis of the control laws implementation with the help of discrete elements and microcontroller is also carried out.

A mathematical model of the power section and control device for the PVR is developed [3]. The control circuit was simulated using SPICE components and the microcontroller model. The applicability of the various control laws P, PI, 2P2Z is estimated.

References:

[1] R. Heineman, "Visual Simulation of Electronic Circuits in PSpice" Moscow: DMK Press, 2008.

[2] N. S. Gumenyuk, E. S. Khalikova - «Application of simulation to analyze the operation of transport systems"

[3] V. I. Meleshin— "Transistor converter technique". Moscow: TEKHNOSFERA, 2005.

Голосовой модуль промышленного робота

Дьяковская М.П.
МАИ, г. Москва

Голосовое сопровождение работы промышленного робота – чрезвычайно актуальная задача современной робототехники. В настоящее время в роботах могут использоваться следующие два типа звуковоспроизводящего оборудования:

• Оборудование, синтезирующее отдельные слова (или звуки), объединяемые затем в фразы с использованием кодировщика голоса (voice coder).

• Оборудование, хранящее определенное количество заранее записанных на носитель слов или фраз, которые могли бы воспроизводиться по мере необходимости. Здесь управляющий сигнал содержит лишь номер нужной фразы. Именно такой способ воспроизведения речи рассматривается в данной работе.

Разработанный голосовой модуль для робота серии FANUC объединяет в себе модуль ввода-вывода контроллера промышленного робота, микроконтроллер, модуль сопряжения информационных сигналов, модуль воспроизведения и блок питания.

Сигнал контроллера робота при помощи модуля ввода-вывода в виде десятичного числа поразрядно передаётся через модуль сопряжения на микроконтроллер. Микроконтроллер анализирует полученную информацию и передает номер трека на модуль воспроизведения. Соответствующий аудиотрек воспроизводится через внешний усилитель.

В ходе разработки модуля возникла проблема сопряжения информационных сигналов робота и управляющего микроконтроллера – сигналы имели различные уровни. Решением стало применение гальванической развязки. На основе анализа существующих вариантов, была выбрана гальваническая развязка с использованием транзисторной оптопары.

Голосовой модуль является исключительно полезным при работе с роботом, т.к. информирует оператора о ходе выполнения программы, предупреждает о последующих действиях робота, озвучивает причины остановки и многое другое. Разработанный модуль уже задействован при проведении курса лабораторных работ у студентов по дисциплине «Управление роботами».

The voice module for the industrial robot

Diakovskaya M.P.
MAI, Moscow

A voice guide to the working process of an industrial robot is a task of a great importance for modern robotics. Now those following two types of sound-reproducing equipment are used for robots:

• The equipment that synthesizes individual words (or sounds) combined into phrases by means of voice coder.

• The equipment that contains a certain number of pre-recorded phases on its memory-card and then reproduces those when needed Here the control signal contains only the number of a certain phrase. This exact type of equipment will be observed in this article.

The voice module produced for FANUC robot unites: an in-out module of an industrial robot’s controller, a microcontroller, a module of conjugation of information signals, a playback module and a power module. The signal from robot’s controller by means of an in-out module is translated bit by bit as a decimal number to microcontroller through the conjugation module. The microcontroller receives that information, analyzes it and transmits the track number to the playback module. Afterwards a corresponding track is played through the external amplifier.

Through the designing process there was a problem with connection of information signals of different levels from the robot to the microcontroller. The usage of galvanic decoupling became a solution. After analyzing the existing types and methods, the choice was to use the galvanic decoupling with transistor optocoupler.

The voice module is incredibly convenient and useful while working with robot, because if informs operator about the progress of the program, warns about the subsequent actions of the

robot, indicates causes of stops etc. This module has already been involved in laboratory classes for students in the discipline "robot controls".

Исследование алгоритма комплексной обработки информации автономной микромеханической системы ориентации и системы воздушных сигналов

Егоров В.А., Бисенов О.В., Книга В.С.
КБПА, г. Саратов

Неотъемлемой частью систем автоматического управления современных летательных аппаратов являются системы ориентации, определяющие углы крена и тангажа. На основе данной информации осуществляется управление пространственным движением летательного аппарата.

Необходимые точности и надежность измеряемых параметров в современных системах управления летательными аппаратами, как правило, достигаются: 1. применением высокоточных гироскопов и кварцевых маятниковых акселерометров, влекущих за собой увеличение массогабаритных характеристик аппаратуры, повышению стоимости в изготовлении и эксплуатации, что является критическим фактором для использования в составе малых и средних беспилотных летательных аппаратов; 2. применением оптимальных методов и подходов комплексной обработки данных с разнородных систем и микромеханических датчиков первичной информации (акселерометров и гироскопов), обладающих миниатюрными габаритными размерами, малой массой, достаточной надежностью.

Системы ориентации на гироскопах и акселерометрах, как правило, коррекцию накапливаемой ошибки по углам пространственной ориентации осуществляют по сигналам акселерометров. Этот способ коррекции обладает полной автономностью и не требует информации от других приборов, однако подвержен погрешностям при маневрировании.

Целью разработки являлось создание алгоритмов автономной коррекции в расчетах углов ориентации микромеханической системы ориентации на протяжении всего полета не требующих показаний спутниковой навигационной системы (СНС).

В работе рассматривается задача построения алгоритма комплексной обработки информации от датчиков первичной информации и системы воздушных сигналов для компенсации виражной погрешности при маневрировании.

Представлены результаты математического моделирования разработанного алгоритма комплексирования микромеханической системы ориентации с системой воздушных сигналов с реальными сигналами датчиков, зарегистрированных в летных испытаниях вертолета Ми-8, подтверждающие повышение точности определения углов пространственной ориентации при маневрировании летательного аппарата.

Research of algorithm of complex processing of data from self-contained micromechanical attitude control system and air data system

Egorov V.A., Bisenov O.V., Kniga V.S.
DBIA, Saratov

Attitude control systems detecting roll and pitch angles are an essential part of the flight control systems of the present-day aircrafts. Attitude flight control is performed based on these data.

As a rule, the required accuracy and reliability of the present-day aircraft flight control systems measured parameters are achieved by: 1. high-precise gyros and crystal pendulous accelerometers resulting in an increase of the hardware physical data, manufacturing and operation cost increment, which is critical for application as a part of small and middle unmanned aerial vehicles; 2. application of the most preferable methods and approaches of complex processing of data from various miniature-sized, light-weight and reliable systems and micromechanical raw data.

Typically, attitude control systems on gyros and accelerometers use accelerometers' signals to correct the accumulated attitude error. This method of correction is fully self-contained and doesn't require data from the other equipment, but it suffers from maneuvering errors.

The purpose of the research is development of autonomous correction algorithms for calculation of micromechanical attitude control system angles during all the flight without using satellite navigation system (SNS) data.

The paper addresses the task of algorithm development of complex processing of data from raw data sensors and air data systems to compensate for the maneuvering error.

The paper contains the results of the mathematical modeling of the developed algorithm of integration of micromechanical attitude control system and air data system with actual sensors signals, recorded during Mi-8 helicopter flight tests, which confirm the accuracy increase of attitude angles detection during the aircraft maneuvers.

Электронный измеритель усилия

Елисеев А.Н.
МАИ, г. Москва

На кафедре «Технология приборостроения» Московского авиационного института проводится много исследований, связанных с процессом сверления печатных плат (ПП), обусловлено это тем, что процесс сверления остаётся основным способом получения монтажных и переходных отверстий.

В настоящее время замена сверла происходит по максимально допустимому количеству отверстий, установленному в документации на сверло заводом-изготовителем. Однако нигде не учитывается, что при сверлении материалов разной плотности и толщины скорость износа сверла может варьироваться.

В ходе исследования процессов сверления аналитическим методом выявлена зависимость усилия, приложенного сверлом от его состояния. Также сверла разных диаметров будут воздействовать на ПП с разным усилием, поэтому предложено решение измерять силу, с которой сверло воздействует на ПП, относительно эталонного значения, полученного новым сверлом соответствующего диаметра. Это позволит понять в какой момент сверло становится сильно изношенным и непригодным к дальнейшей эксплуатации. Для реализации возможности контроля состояния сверла принято решение о создании системы регистрации усилий.

Система состоит из двух частей: аппаратной и программной. В рамках работы рассмотрена только аппаратная часть, представляющая собой электронный измеритель усилия.

Спектр задач, решаемых системой, не ограничивается контролем состояния сверла, применение разрабатываемого устройства может быть актуально во всех сферах, где есть потребность в измерении усилий.

В ходе работы выбран тензометрический принцип измерения усилия, рассмотрены проблемы возникающие при проектировании устройства с дальнейшим анализом.

Разработанное устройство, в рамках системы регистрации данных, обеспечивает взаимодействие с тензодатчиками с высокой точностью и устранением помех; обеспечивает оцифровывание данных с датчиков при помощи микроконтроллера с 10-битным АЦП; взаимодействие контроллера с ПК через интерфейс UART и микросхему преобразователь UART-USB; конструктивно представляет собой встраиваемый модуль на основе ДПП.

Устройство нашло применение в сферах, где необходимо весоизмерительное оборудование, в частности, и в кафедральных исследованиях.

Digital force meter

Eliseev A.N.
MAI, Moscow

The department “Technology of Instrument Engineering” of the Moscow Aviation Institute conducts a lot of research related to the process of drilling printed circuit boards (PCB), due to the fact that the drilling process remains the main way to produce mounting and vias.

Currently, the drill is replaced by the maximum allowable number of holes set in the documentation for the drill by the manufacturer. However, it is not considered anywhere that when drilling materials of different density and thickness, the rate of wear of the drill may vary.

During the study of drilling processes by an analytical method, the dependence of the force applied by the drill on its state was revealed. Also, drills of different diameters will act on the PCB with different forces, therefore, it is proposed to measure the force with which the drill acts on the PCB, relative to the reference value obtained by the new drill of the appropriate diameter. This will allow us to understand at what point the drill becomes unsuitable for further use. To realize the possibility of monitoring the state of the drill, it was decided to create a system for recording forces of the drill.

The system consists of two parts: hardware and software. As part of this work was considered only the hardware, which represent as an electronic force meter.

The range of tasks which may be solved by the system is not limited to monitoring the state of the drill, using the device that was developed may be relevant in all areas where there is a need to measure forces.

In the course of work was chosen the tensometric principle of force measurement and were considered the problems which arised while device was developed.

The developed device as a part of the data recording system, provides interaction with strain gauges with high accuracy and interference elimination; provides digitization of data from sensors using a microcontroller with a 10-bit ADC; interaction of the controller with the PC via the UART interface and the UART-USB converter chip; constructively device is a plug-in module based on double-sided PCB.

The device has found application in areas where force measuring equipment is needed, in particular, in departmental researches.

Результаты испытаний отказоустойчивой комплексной системы навигации и картографирования автономного необитаемого подводного аппарата

Жарков М.В., Жарков Р.В.
МАИ, г. Москва

Одним из основных направлений развития Арктики является освоение богатейших месторождений полезных ископаемых на шельфе замерзающих морей Арктики. При этом в мировой морской практике в последнее время находят все более широкое применение автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА). Одной из проблем информационного обеспечения АНПА в условиях Арктики является решение задачи навигации при отсутствии, так называемой, обеспечивающей инфраструктуры (порты, обеспечивающие суда, гидроакустические маяки и др.).

Повышение уровня информационного обеспечения АНПА при ограниченности обеспечивающей инфраструктуры возможно за счет применения новых методов построения навигационного комплекса, основанных на использовании новых типов измерительной информации и глубокой комплексной обработке всех поступающих в навигационный комплекс измерений. К новым типам измерительной информации относится, прежде всего, информация от системы технического зрения (СТЗ), основным измерительным элементом которой на борту АНПА является акустический гидролокатор (АГ). Основой алгоритмического обеспечения СТЗ являются алгоритмы навигации и одновременного картографирования подстилающей поверхности. Повышение автономности навигационного комплекса неизбежно влечет за собой необходимость

повышения его надежности, которое может быть описано в терминах повышения отказоустойчивости.

Именно такой подход был применен при создании отказоустойчивой комплексной системы навигации и картографирования (ОКСНК) АНПА [1], в состав которой вошли: инерциальная навигационная система, двухантенный приемник спутниковых навигационных систем и СТЗ на основе АГ. В докладе представлена методика проведения испытаний ОКСНС с использованием мобильной лаборатории испытаний МАИ [2]. Приводятся результаты испытаний, подтвердившие работоспособность ОКСНК и позволившие оценить её характеристики в различных режимах работы.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ 16-08-01185.

Литература:

1. Амирагов А.С., Антонов Д.А., Веремеенко К.К., Жарков М.В., Пронькин А.Н., Чехов Е.Л. Отказоустойчивый навигационный комплекс автоматического необитаемого подводного аппарата, Новости навигации. 2017. № 2. С. 24-30.

2. Antonov, D.A., Veremeenko, K.K., Zharkov, M.V., Zimin, R.Yu., Kuznetsov, I.M., and Pron’kin, A.N., Test Complex for the Onboard Navigation System of an Airport Ground Vehicle, Journal of Computer and Systems Sciences International, 2016, vol. 55, no. 5, pp. 832–841.

Autonomous underwater vehicle fault-tolerant integrated navigation and mapping system test results

Zharkov M.V., Zharkov R.V.
MAI, Moscow

One of the main Arctic development directions is the development of the richest mineral deposits on the shelf of the freezing seas of the Arctic. At the same time, autonomous underwater vehicles (AUVs) are becoming more and more widely used in world marine practice. One of AUV information support problems in the Arctic is navigation in the absence of the so-called supporting infrastructure (ports, ships, hydroacoustic beacons, etc.).

Increasing the level of information support for the AUV with the limited infrastructure providing is possible through the use of new methods for constructing a navigation complex based on the use of new types of measurement information and deeply integrated processing of all incoming measurements into the navigation complex. The new types of measurement information include, first of all, information from the machine vision system (MVS), the main measuring element of which on board the AUV is the acoustic sonar (AS). The basis of the MVS algorithmic support is the navigation algorithms and simultaneous mapping of the underlying surface. Increasing the autonomy of the navigation system inevitably entails the need to increase its reliability, which can be described in terms of increasing fault tolerance.

This approach was used to create a fault-tolerant integrated navigation and mapping system for an AUV (FINMS) [1], which included: an inertial navigation system, a two-antenna satellite navigation systems receiver and an MVS based on AS. The report presents the method of testing FINMS using the MAI mobile test laboratory [2]. The results of the tests that confirmed the performance of FINMS and allowed to evaluate its characteristics in various modes of operation are given.

The work was carried out with the support of the RFBR grant 16-08-01185.

References:

1. Amiragov A.S., Antonov D.A., Veremeenko K.K., Zharkov M.V., Pronkin A.N., Chekhov E.L. Otkazoustoychiviy navigatsionniy complex avtomaticheskogo neobitaemogo apparata (Fault-tolerant navigation copmplex of an autonomous underwater vehicles), Novosti navigatsii (Navigation news). 2017. No. 2. P. 24-30.

2. Antonov D.A., Veremeenko K.K., Zharkov M.V., Zimin R.Yu., Kuznetsov I.M., Pron'kin A.N., Test Grounds, Journal of Computer and Systems Sciences International, 2016, vol. 55, no. 5, pp. 832–841.

Исследование экранирующих свойств радиопоглощающих материалов

[1]Жуков П.А., [1]Кириллов В.Ю., [2]Журавлев С.Ю.
[1]МАИ, [2]НПП «Радиострим», г. Москва

Электромагнитные помехи в виде электромагнитных полей представляют собой наиболее серьезную проблему для электроники летательного аппарата. Они имеют наибольшее количество путей проникновения через корпус и распространения внутри летательного аппарата. Электромагнитные поля внутри корпуса аппарата формируются и внешними источниками помех и внутренними излучениями полей от устройств и кабельной сети. Распределение полей - электромагнитная обстановка на борту аппарата формируется не только излучением источников, но и отражением внешних и внутренних излучаемых помех от элементов конструкции КА, корпусов бортовых приборов и устройств. Поэтому, электромагнитная обстановка внутри корпуса аппарата имеет характер неравномерно распределенного электромагнитного поля с локальными областями высокой напряженности. Наличие таких областей приводит к возникновению токов и напряжений, которые могут значительно ухудшить качество работы бортовых систем.

Как правило, для защиты от ЭМП применяют электромагнитные экраны. Однако, для повышения защищенности систем бортового электронного оборудования летательных аппаратов могут быть использованы и различные виды материалов, например, радиопоглощающие или гибкие металлизированные радиоэкранирующие материалы. Использование радиопоглощающих материалов путем размещения и закрепления их на элементах корпуса и конструкции позволит снизить уровни результирующих излучаемых ЭМП создаваемых наложением отраженных, распространяющихся и проникающих во внутреннее пространство электромагнитных помех от различных источников.

Целью работы было оценивание возможности применения радиопоглощающих материалов в качестве экранирующего покрытия и защиты от распространения электромагнитных полей внутри аппарата.

В работе получены характеристики электромагнитных полей, создаваемых внутри металлического корпуса, при наличии и отсутствии радиопоглощающего материала. Продемонстрировано изменение уровня напряженности наведенного поля в широком частотном диапазоне. По полученным результатам показана возможность использования прокладок из радиопоглощающего материала в качестве экрана-поглотителя электромагнитных полей.

Researching of the shielding properties of radioabsorbing materials

[1]Zhukov P.A., [1]Kirillov V.Y., [2]Zhuravlev S.Y.
[1]MAI, [2]NPP “Radiostrim”, Moscow

Electromagnetic interference in the form of electromagnetic fields is the most serious problem for the aircraft electronics. They have the greatest number of ways of penetration through the body and spread inside the aircraft. Electromagnetic fields inside the body of the device are formed by external sources of interference and internal radiation fields from devices and cable network. The distribution of the fields - that is, the electromagnetic environment on board the vehicle is formed not only by the radiation sources, but also by the reflection of external and internal radiated interference from the structural elements of the spacecraft, the hulls of onboard devices and devices. Therefore, the electromagnetic environment inside the body of the device has the character of unevenly distributed electromagnetic field with local areas of high tension. The presence of such areas leads to currents and voltages, which can significantly worsen the quality of on-Board systems.

As a rule, electromagnetic screens are used to protect against electromagnetic interference. However, various types of materials, such as radio-absorbing or flexible metalized radio-screening materials, can be used to improve the security of aircraft electronic equipment systems. The use of radioabsorbing materials by placing and fixing them on the elements of the body and structure will reduce the levels of the resulting EMF emitted by the imposition of reflected,

propagating and penetrating into the internal space of electromagnetic interference from various sources.

The aim of the work was to evaluate the possibility of using radioabsorbing materials as a shielding coating and protection against the spread of electromagnetic fields inside the apparatus.

The characteristics of electromagnetic fields created inside the metal case in the presence and absence of radioabsorbing material are obtained. The change of the induced field intensity level in a wide frequency range is demonstrated. According to the obtained results, the possibility of using gaskets made of radioabsorbing material as a screen-absorber of electromagnetic fields is shown.

Сверхпроводниковый электродвигатель для привода винта самолета

Задачин А.В.
МАИ, г. Москва

В работе проведен анализ состояния зарубежных и отечественных разработок по реализации самолетов с электроприводом винта. Проработана конструкция электродвигателя с обмоткой возбуждения из высокотемпературной сверхпроводниковой ленты 1-го поколения, охлаждаемой жидким водородом с температурой кипения 20,5 К.

В качестве источника электрической энергии предлагается использовать водород-кислородные топливные элементы. Водород-кислородные топливные элементы обладают рядом положительных свойств:

1. Они являются экологически безопасными поскольку в результате холодного горения продуктом электрохимической реакции является чистая вода;

2. КПД топливных элементов может достигать 70%, тогда как КПД газотурбинного авиадвигателя с углеводородным горючим не превышает 40%;

3. Электродвигатель привода тягового винта обеспечивает более низкий уровень шума.

Водород находится на борту в легких композитных сосудах Дьюара. Он охлаждает ВТСП катушки электродвигателя, а затем в газообразном состоянии поступает в топливный элемент. Генерируемая топливным элементом электроэнергия обеспечивает питание электродвигателя. Выделяющееся тепло используется для подогрева жидкого водорода, а образующаяся вода отводится за борт. Синхронные и асинхронные электродвигатели требуют регулируемого источника питания переменного тока. А вентильные и вентильно-индукторные электродвигатели снабжаются полупроводниковыми преобразователями, размеры которых существенно больше самих электродвигателей.

В настоящее время не удается добиться стабильной работы сверхпроводников на переменном токе из-за потерь на перемагничивании. Кроме этого, ВТСП-ленты имеют минимально допустимый радиус изгиба, и обмотка якоря из них для машин переменного тока является трудновыполнимой задачей. Поэтому предлагается использование двигателей постоянного тока с ВТСП обмоткой возбуждения и с алюминиевой обмоткой якоря расположенной на немагнитном роторе.

Superconducting electric motor for propeller propulsion

Zadachin A.V.
MAI, Moscow

The work analyzes the state of foreign and domestic developments for the implementation of aircraft with electric propeller. The design of an electric motor with an excitation winding from a high-temperature superconductor tape of the first generation, cooled by liquid hydrogen with a boiling point of 20.5 K, has been worked out.

As a source of electrical energy, it is proposed to use hydrogen-oxygen fuel cells. Hydrogen-oxygen fuel cells have a number of positive properties:

1. They are environmentally safe because as a result of cold burning, the product of the electrochemical reaction is pure water;

2. The efficiency of fuel cells can reach 70%, whereas the efficiency of a gas turbine engine with hydrocarbon fuel does not exceed 40%;

3. The traction screw drive motor provides a lower noise level.

Hydrogen is on board in the lightweight composite vessels of Dewar. It cools the HTSC coils of the electric motor, and then enters the fuel cell in the gaseous state. The electricity generated by the fuel cell provides power to the motor. The evolving heat is used to heat liquid hydrogen, and the water that is generated is discharged overboard. Synchronous and asynchronous motors require a regulated AC power source. A valve and gate-inductor motors are supplied with semiconductor converters, the dimensions of which are much larger than the motors themselves.

At the present time, it is not possible to achieve stable operation of superconductors with alternating current due to losses on magnetization reversal. In addition, HTSC tapes have a minimum allowable bend radius, and the armature winding of them for AC machines is a difficult task. Therefore, it is proposed to use DC motors with high-voltage superconducting winding and with an aluminum armature winding located on a non-magnetic rotor.

Система генерирования электрического самолёта мощностью 500 кВА

Здорова М.В.
МАИ, г. Москва

В последнее время всё чаще перед инженерами возникает задача совершенствования не только летательных аппаратов, но и бортового электроэнергетического оборудования. Поэтому появилась и стремительно прорабатывается концепция полностью электрического самолёта, в котором минимизировано использование гидравлической и пневматической систем самолёта. В результате чего все бортовые системы электрического самолёта, обеспечивающие его полёт, являются электрическими. Это требует увеличения мощности систем генерирования по сравнению с системами самолёта с повышенным уровнем электрификации. При этом единичная мощность электрогенераторов может составлять 500 и более кВА.

В настоящей работе приведён оценочный расчёт синхронных генераторов с электромагнитным и магнитоэлектрическим возбуждением мощностью 500 кВА с частотой вращения 24000 об/мин для системы постоянного тока повышенного напряжения 540 В. Привод генератора осуществляется от высокооборотной газовой турбины. По результатам предварительного расчёта выбрана конструкция генератора с постоянными магнитами, для которого в работе представлены электромагнитный, тепловой и механический расчёты. Для подтверждения результатов расчёта проведено моделирование магнитных и тепловых полей.

Так как генератор используется для канала постоянного тока, необходимо использование выпрямителя. К авиационным системам предъявляются высокие требования качества электроэнергии. В связи с этим, необходимо проведение комплексного расчёта основных параметров генератора, работающего совместно с выпрямителем. Для оценки работы магнитоэлектрического генератора в дальнейшем будет проведён конечно-элементный анализ магнитных и тепловых полей, а также механических напряжений в конструкции генератора.

The system of generation of the electric plane with a power of 500 kVA

Zdorova M.V.
MAI, Moscow

Recently even more often before engineers there is a problem of perfecting not only aircraft, but also an onboard electrical power inventory. Therefore appeared and the concept of completely electric plane on which use of hydraulic and pneumatic systems of the plane is minimized is precipitantly studied. Therefore all onboard systems of the electric plane providing its flight are electric. It demands increase in power of systems of generation in comparison with the systems of the plane with the increased electrification level. In this case, the unit power of the generators can be 500 or more kVA.

In the present work we have resulted the estimated calculation of synchronous generators with electromagnetic and magnetoelectric excitation with a power of 500 kVA with a rotation frequency of 24000 rpm for a system of direct current of increased voltage of 540 V. The generator drive is carried out from the high-speed gas turbine. By results of predesign the generator design with permanent magnets for which in work electromagnetic, thermal and mechanical calculations are presented is chosen. For confirmation of results of calculation model operation of magnetic and thermal fields is carried out.

As the generator is used for the channel of a direct current, use of the rectifier is necessary. Great demands of quality of the electric power are placed on aviation systems. In this regard, carrying out complex calculation of key parameters of the generator working together with the rectifier is necessary. To evaluate the operation of the magnetoelectric generator, a finite element analysis of the magnetic and thermal fields, as well as the mechanical stresses in the generator design, will be carried out in the future.

Способы повышения эффективности фотоэлектрических установок

Иванов А.В., Латыпов В.А.
МАИ, г. Москва

Гелиоэнергетика является одним из наиболее перспективных направлений возобновляемой энергетики. В настоящее время возникла необходимость повышения эффективности использования энергии солнечной радиации (СР). С этой целью предлагается использовать микроконтроллер серии SAM4E на базе ядра Cortex-M4F, ориентированный на использование в промышленных приложениях, где необходимы высокая производительность, наличие нескольких коммуникационных интерфейсов и высокие математические возможности.

Интенсивность солнечного излучения зависит от взаимной ориентации Солнца и приемника солнечной радиации. Угол наклона приемной площадки считается оптимальным в случае максимального прихода СР. Контроллер увеличивает эффективность работы фотоэлектрической панели в 1,5 -1,8 раза за счет ее поворота в положение, соответствующее оптимальному углу наклона. Конструкция поворотного механизма не выходит за габариты стандартного крепления солнечного модуля по площади. Кроме того, контроллер обеспечивает повышение срока жизни аккумуляторной батареи (АБ) и дистанционную диагностику состояния системы.

Применение в конструкции фотоэлектрической установки данного контроллера позволяет существенно повысить эффективность ее работы в результате выполнения следующих функций.

1. Поворот солнечной панели в направлении солнца гидравлическим механизмом. При поступлении через GSM команды разрешения на работу в режиме «Солнечный день» регулировка положения батареи осуществляется двумя фотодатчиками до выравнивания уровней их сигналов. При отсутствии сигнала расхождения от фотодатчиков при изменении положения солнца программа принимает решение о наличии облачности.

В пасмурную погоду поворот осуществляется через равные промежутки времени на угол, определенный GPS-приемником по координатам места и времени в соответствии с Солнечным календарем, заложенным в память контроллера. Точность поворота обеспечивается тензометрическим датчиком силы EMS 20 фирмы EMSYST (датчик обратной связи по углу поворота), который измеряет силу растяжения пружины, закрепленной параллельно с рычагом поворота солнечного модуля.

2. Измерение напряжения на солнечной панели и либо отключение АБ, если уровень ее заряда выше нормы, либо выключение инвертора (нагрузки) в противном случае.

3. Сообщение пользователю диагностической информации о состоянии системы через GSM сеть в виде SMS сообщений или почтовых сообщений через электронную почту (SMTP).

Methods for increasing the efficiency of photovoltaic installations

Ivanov A.V., Latypov V.A.
MAI, Moscow

Solar energy is one of the most promising areas of renewable energy. At present, there is a need to improve the energy efficiency of solar radiation (SR). For this purpose, it is proposed to use the SAM4E series microcontroller based on the Cortex-M4F core, oriented to use in industrial applications where high performance is required, several communication interfaces and high mathematical capabilities are required.

The intensity of solar radiation depends on the mutual orientation of the Sun and the receiver of solar radiation. The angle of inclination of the receiving platform is considered optimal in the case of the maximum arrival of the SR. The controller increases the efficiency of the photovoltaic panel by a factor of 1.5 -1.8 due to its rotation into a position corresponding to the optimal slope angle. The design of the rotary mechanism does not go beyond the dimensions of the standard mounting of the solar module in terms of area. In addition, the controller provides a longer battery life (AB) and remote diagnostics of the system status.

The use of this controller in the construction of the photovoltaic system allows to significantly increase the efficiency of its operation as a result of the following functions.

1. Rotate the solar panel in the direction of the sun by a hydraulic mechanism. When GSM commands are given permission to work in the "Sunny Day" mode, the battery position adjustment is carried out by two photo sensors before leveling their signal levels. In the absence of a signal from the photosensors when the position of the sun changes, the program makes a decision about the presence of clouds.

In cloudy weather, the turn is made at regular intervals by the angle determined by the GPS receiver according to the coordinates of the place and time in accordance with the Solar calendar, which is stored in the controller's memory. The precision of the rotation is provided by the strain gauge EMS 20 EMS EMS sensor (angle feedback sensor) which measures the tensile force of the spring fixed in parallel with the solar module's rotation lever.

2. Measure the voltage on the solar panel and either disconnect the battery if its charge level is higher than normal, or turn off the inverter (load) otherwise.

3. Sending diagnostic information about the system status via GSM network to the user in the form of SMS messages or e-mail messages (SMTP).

Реализация алгоритмов синтезирования апертуры на вычислительной машине с процессором «Эльбрус»

Ингильдеев Р.Р., Коновальцев А.В., Охотников Д.А., Шараха Н.А.
МАИ, г. Москва

Разработка московской компанией МЦСТ процессоров семейства «Эльбрус» позволяет снизить зависимость отечественных разработок от зарубежных вычислительных модулей. Актуальность подобных систем вызвана необходимостью большей части вычислений высокотехнологичных систем производить в реальном масштабе времени, что требует высокой производительности. Подобные вопросы все чаще поднимаются в литературе.

Значительные требования к производительности вычислительных станций предъявляют системы радиолокационного обнаружения, что связано с большим объемом вычислений. На сегодняшний день процессоры семейства «Эльбрус» хорошо оптимизированы под задачи цифровой обработки сигналов и имеют значительный ряд программных библиотек, реализующих часто используемые операции, такие как быстрое преобразование Фурье, свертка, работа с комплексными векторами и матрицами. Однако современные радиолокационные станции помимо высоких требований к быстродействию программного обеспечения обладают большим объемом функционала, что приводит к необходимости использования языков более высокого уровня, а также инструментов объектно-ориентированного программирования, что часто снижает быстродействие скомпилированного кода.

Архитектура программного комплекса

Программный комплекс должен обеспечивать функции по управлению РЛС, обработке сигналов и формированию полезной информации:

1) Управление режимами работы РЛС;
2) Управление приводом поворота антенны;
3) Управление синтезатором зондирующего сигнала;
4) Прием сигналов от навигационной системы;
5) Прием и обработка аналоговых сигналов;
6) Вычисление целевой информации;
7) Обеспечение информационного обмена с потребителем информации;
8) Обеспечение функций встроенного контроля;
9) Синхронизация вычислительного процесса с аппаратурой РЛС.

Часть перечисленных функций решается за счет применения специализированных устройств, входящих в состав бортовой вычислительной машины (БЦВМ).

Основная часть вычислений приходится на задачи первичной обработки принимаемого сигнала и алгоритмы синтезирования апертуры, результатом которого является формирования итогового изображения.

Полученное изображение проходит дальнейшую контрастно-яркостную обработку после чего может быть передано потребителю на экран либо по радиочастотному каналу на дистанционный пульт.

Implementation of aperture synthesis algorithms on a computer with "Elbrus" processor

Ingildeev R.R., Konovaltsev A.V., Okhotnikov D.A., Sharakha N.A.
MAI, Moscow

Development of the Moscow company MCST processor family "Elbrus" allows you to create effective real-time systems. The relevance of such systems is caused by the need to produce most of the calculations of high-tech systems in real time, which requires high performance. Such questions are increasingly raised in the literature.

Require high performance of the computing stations of the present system of radar detection, due to the large amount of calculations. To date, the processors of the Elbrus family are well optimized for digital signal processing and have a significant number of software libraries that implement frequently used operations such as fast Fourier transform, convolution, work with complex vectors and matrices. However, modern radar stations, in addition to high requirements for software performance, have a large amount of functionality, which leads to the need to use higher-level languages, as well as object-oriented programming tools, which often reduces the speed of compiled code.

Architecture of the software

The software package should provide functions for radar control, signal processing and formation of useful information:

1) control of radar operation modes;
2) the actuator of rotation of the antenna;
3) controlling the synthesizer of the probing signal;
4) receiving signals from the navigation system;
5) reception and processing of analog signals;
6) calculation of target information;
7) Provision of information exchange with the consumer of information;
8) providing built-in control functions;
9) Synchronization of the computing process with radar equipment.

Some of these functions are solved by the use of specialized devices that are part of the on-Board computer (btsvm).

The main part of calculations falls on the tasks of primary processing of the received signal and algorithms of aperture synthesis, the result of which is the formation of the final image.

The resulting image is further contrast-brightness processing and then can be transmitted to the consumer on the screen or by radio frequency channel to the remote control.

Алгоритм оценки качества трассировки печатных плат

Исаев В.В., Сударева А.А., Баранов В.Ю.
МАИ, г. Москва

Современная техника настолько сложна, что предсказать работоспособность прибора на стадии проектирования затруднительно. Поэтому так важно отслеживать изменение параметров, влияющих на работоспособность печатной платы ПП на этапе конструирования. К данным параметрам относятся длина проводника, его ширина и токопроводящая способность, количество слоев, количество переходных отверстий, отношение диаметра этих отверстия к толщине ПП и многое другое. Однако в настоящее время многие специалисты в качестве оценки трассировки ПП ограничиваются лишь количеством переходных отверстий.

В ходе испытаний, тестовой группе выдано общее задание на трассировку ПП. В качестве входных данных каждому выданы одинаковые принципиальные схемы, заданы типоразмеры элементов и ограничено количество слоев до 2 и класс точности до 4 класса. В результате получена первая партия печатных плат с изменением следующих параметров:

- Количество переходных отверстий
- Средняя длина дорожек
- Минимальное сечение проводника
- Класс точности
- Процент металлизации
- Площадь платы

Данные по критериям были обработаны и составлена таблица для дальнейшего сравнения. Выведены лучший и худший результаты по каждому из обработанных критериев. На основании собранных данных стало возможным вывести предварительные значения весовых коэффициентов для этих критериев.

В дальнейшем результаты будут представлены на рассмотрение ведущим конструкторам предприятий и преподавательскому составу кафедры «Технология приборостроения» Московского авиационного института для корректировки весовых коэффициентов и редактирования набора критериев. Кроме того, планируется провести дополнительные опыты с другими константами.

Algorithm for evaluating the quality of the trace of printed circuit boards

Isaev V.V., Sudareva A.A., Baranov V.Y.
MAI, Moscow

It is difficult to predict efficiency of a machine at the development stage as modern technical equipment is complex. That is why it is highly important to monitor changing of parameters affecting the efficiency of printed circuit board (PCB) at the design stage. These parameters are the PCB road length, its width and current-conducting ability, the number of layers, the number of vias, vias' diameters-to-PCB width, etc. However, today, some specialists consider the number of vias sufficient for PCB trace evaluation.

The test group was asked to trace a PCB. They were given technical schemes with the same elements, the number of layers was limited to 2 and accuracy figure was limited to the 4th class. As a result, we have got the first PCBs with difference in the following parameters:

- Number of vias
- Average PCB road length
- Minimal cond. area
- Accuracy class
- Metallization rate
- PCB square

Considering the acquired data, we made a table for the further data comparison. We evaluated the best and the worst results for each of the processed parameters. The collected data made it possible to mark provisional values of weighting factor for these parameters.

The results will be presented to the leading engineers from enterprises and professors from the department of " equipment technology" of the Moscow aviation institute with the aim to adjust weight rates and improve the list of chosen parameters. Additional tests with other constant parameters will be also performed.

Компенсация влияния линейного ускорения на кольцевой резонатор трёх осевого вибрационного кольцевого преобразователя угловых скоростей с оптическим считыванием

Йин Н.В., Бусурин В.И., Мулин П.В.
МАИ, г. Москва

Преобразователи угловых скоростей широко используются в современных системах управления различных подвижных объектов и в навигационных системах. При этом качество управления существенно зависит от точности измерения угловых скоростей.

В работе представлены исследования влияния линейного ускорения на характеристики преобразователя угловых скоростей на основе оптического туннельного эффекта (ОТЭ). Определены возможности компенсации влияния линейного ускорения, обеспечивающие измерение угловых скоростей с повышенной точностью во всем диапазоне измерений.

В преобразователе угловых скоростей кольцевой резонатор с электростатическим возбуждением поддерживается четырьмя опорными связями. Под действием линейного ускорения кольцевой резонатор перемещается из-за упругого отклонения опор. Отклонение опор, вызванное различными силами, необходимо оценивать для предотвращения механического повреждения и при необходимости производить компенсацию влияния линейного ускорения.

При воздействии линейного ускорения определены изменения выходных мощностей оптического излучения преобразователя угловых скоростей для параметров: hопор=105 мкм, tопор = 150мкм, λ=900 нм, θ=42°, d0=300 нм и РИИ=2 мВт. Результаты показывают, что влияние ускорения по осям OX и OY составляет около 3 %, а для оси OZ - около 7 % при воздействии ускорения до 4g.

Частичная компенсация влияния ускорения произведена при использовании метода дифференциальной обработки и коррекции коэффициента усиления. При этом дополнительная погрешность из-за измерения угловой скорости по осям OX и OY составляет около 0,05 %, а для оси OZ - около 0,1 %. Результаты исследования можно использовать для получения достоверной величины выходного сигнала и уменьшения погрешностей датчика угловой скорости на основе ОТЭ.

Литература:

1. В.И. Бусурин, В.В. Коробков, Йин Наинг Вин. Исследование влияния параметров кольцевого резонатора на характеристики трёх осевого оптоэлектронного преобразователя угловой скорости// Доклады ТУСУРа, том 20, № 4, 2017. – С. 43–49.

Compensation of the linear acceleration effect on the ring resonator for the three-axis vibrating optoelectronic angular velocity transducer with optical sensing

Yin N.V., Busurin V.I., Mulin P.V.
MAI, Moscow

Angular velocity transducers are widely used in modern control systems of various moving objects and in the navigation systems. In this process, the control quality substantially depends on the accuracy of the angular velocity measurement.

The paper presents investigation of the influence of linear acceleration effect on the characteristics of the angular velocity transducer based on the optical tunneling effect (OTE). The scopes of compensation for the influence of linear acceleration effect, which provide

measurement of angular velocities with increased accuracy in the entire range of measurements, are provided.

In the angular velocity transducer, the ring resonator with electrostatic excitation is supported by four supported beams. When linear acceleration is applied, the ring resonator moves due to the elastic deflection of the supported beams. The deflection of the supported beams, causing by different forces, must be evaluated to prevent mechanical damage and, if necessary, compensate for the linear acceleration effect.

When linear acceleration is applied, the variations of the output power of the optical radiation for the angular velocity transducer are determined for the following parameters: hопор=105 μm, tопор = 150 μm, λ=900 nm, θ=42°, d0=300 nm и РИИ=2 mW. The results show that the acceleration effect on the OX and OY axes is about 3 %, and for the OZ axis - about 7% when acceleration is applied 4g.

The compensation of the acceleration effect is solved by using the method of differential processing and correction of the gain. In this process, the additional error due to the measurement of the angular velocity on the OX and OY axes is about 0.05%, and for the OZ axis-about 0.1 %. The results of the investigation can be used to obtain a reliable value of the output signal and reduce the errors of the angular velocity transducer based on OTE.

References:

1. Busurin V.I., Korobkov V.V., Yin Naing Win Investigation of the ring resonator parameters influence on the characteristics of the three-axis optoelectronic angular velocity transducer, Proceedings of TUSUR University, 2017, vol. 20, no. 4, pp 43-49.

Исследование фундаментальной зависимости удельной мощности электрических машин от критических параметров сверхпроводников

Кадеров В.А., Тулинова Е.Е., Иванов Н.С.
МАИ, г. Москва

Сегодня сверхпроводящие материалы используются для создания сверхсильных магнитных полей, двигателей и генераторов, обладающих улучшенными массогабаритными показателями и высокой эффективностью.

Главной задачей настоящей работы является исследование зависимости удельной мощности электрических машин от критических параметров сверхпроводников. В ходе работы разработана методика расчета магнитной цепи, основанная на законе полного тока. Контур, по которому замыкается магнитный поток, разбит на 11 участков, для которых определены магнитные сопротивления. При этом учитывалось насыщение ферромагнитных участков. Разработанная методика позволяет учитывать геометрические размеры активной зоны, параметры сверхпроводникового провода, тип системы охлаждения и другие характеристики. В результате получены аналитические соотношения для ЭДС холостого хода, главного индуктивного сопротивления, выходной мощности и других параметров машины. Полученные соотношения позволяют выполнять оптимизационные расчеты с целью увеличения удельной (кВт/кг) и объемной (кВт/л) мощности машины и её КПД. Программа оптимизации выполнена в среде Matlab. Варьируемыми геометрическими параметрами стали размеры катушки обмотки возбуждения, число пар полюсов, размеры обмотки якоря, активная длина машины и диаметр расточки статора. В качестве примера выбран ВТСП синхронный двигатель мощностью 1 МВт с частотой вращения 2500 об/мин. В качестве проводника для обмотки возбуждения и якоря, использована ВТСП лента шириной 4мм. Результаты аналитической методики были верифицированы с помощью двухмерного моделирования распределения магнитных полей в активной зоне двигателя. В итоге объемная мощность составила 22 кВт/л, что в несколько раз выше показателя традиционных машин.

Данное исследование открывает новые возможности по созданию электрических машин с улучшенными массогабаритными показателями для различных областей науки и техники.

Research of fundamental dependence of specific power of electrical machines on critical parameters of superconductors

Kaderov V.A., Tulinova E.Y., Ivanov N.S.
MAI, Moscow

Research of fundamental dependence of specific power of electrical machines on critical parameters of superconductors

Today superconducting materials are used for creation of the superstrong magnetic fields, engines and generators possessing the improved mass-dimensional indicators and high efficiency.

The main task of the real work is the research of dependence of specific power of electrical machines on critical parameters of superconductors. During work the method of calculation of a magnetic chain based on the law of a total current is developed. The contour on which the magnetic flux becomes isolated is broken into 11 sites for which magnetic resistance are determined. At the same time saturation of ferromagnetic sites was considered. The developed technique allows to consider the geometrical sizes of an active zone, parameters of a superconductor wire, type of the cooling system and other characteristics. Analytical ratios for the EMF of idling, the main inductive resistance, output power and other parameters of the car are as a result received. The received ratios allow to carry out optimizing calculations for the purpose of increase specific (kW/kg) and the volume (kW/l) power of the car and its efficiency. The program of optimization is executed in the environment of Matlab. The excitement winding coil sizes, number of couples of poles, the anchor winding sizes, active length of the car and diameter of boring of the stator became the varied geometrical parameters. As an example VTSP the 1 MW synchronous motor with a frequency of rotation of 2500 rpm is chosen. As the conductor for a winding of excitement and an anchor, VTSP a tape 4 mm wide is used. Results of an analytical technique have been verified by means of two-dimensional modeling of distribution of magnetic fields in an active zone of the engine. As a result volume power was 22 kW/l that several times above an indicator of traditional cars.

This research opens new opportunities for creation of electrical machines with the improved mass-dimensional indicators for various fields of science and technology.

Анализ использования ромбовидных обмоток якоря вентильных двигателей постоянного тока

Казаков А.Н.
МАИ, г. Москва

Вентильные двигатели сейчас широко используются в качестве приводов постоянного тока, за счет своей высокой надёжности, энергоэффективности, хорошей управляемости и относительной простоты изготовления. В том числе в качестве приводов ручного инструмента.

Однако, при требованиях к массогабаритным показателям, предъявляемых к ручному инструменту существенной становится проблема лобовых вылетов обмоток якоря вентильных машин. При малых размерах привода лобовые вылеты могут достигать длины активной части двигателя. Помимо значительного увеличения размеров и массы привода, лобовые вылеты значительно увеличивают сопротивление обмоток якоря, снижая полезную мощность машины. Часто лобовые обмотки становятся препятствием, снижающим эффективность охлаждения машины, ограничивая возможности организации воздухопроводящих путей.

В качестве решения описанной проблемы настоящая работа предлагает использование обмоток якоря вентильных машин с ромбовидной формой витков. У таких обмоток отсутствует лобовой вылет, что существенно снижает массогабаритные показатели машины. Очевидно, что поток, проходящий через витки такой формы, заметно меньше, чем у обмоток традиционной формы, однако снижение электрического сопротивления одного витка открывает возможности для компенсации этого эффекта. Еще одним негативным моментом таких обмоток может стать уменьшение площади поверхности

охлаждения машины, но отсутствие лобовых вылетов открывает возможность использования радиаторов охлаждения.

Выведен коэффициент снижения потока при использовании ромбоидных обмоток, не зависящий от линейных размеров привода. Определенно, что эффективность использования ромбовидной обмотки тем выше, чем значение активной длины машины ближе к величине полюсного деления и максимальна при их равенстве.

Разработаны два вентильных привода зуботехнической бормашины с классическим и ромбовидным вариантами исполнения обмоток якоря. При использовании ромбовидных обмоток, помимо уменьшения массогабаритных параметров, удалось добиться большей полезной мощности, при тех же линейных размерах ярма якоря.

Использование ромбовидных обмоток статора целесообразно только для вентильных приводов со специфическими линейными размерами и областями применения, но в описанной группе оно является эффективным решением.

Analysis of appliance of diamond-shaped windings of an armature of brushless DC electric motors

Kazakov A.N.
MAI, Moscow

Brushless motors are widely used as DC drives, due to the high reliability, energy efficiency, good controllability and ease of assembly, also as drives for a hand-guided tools.

Mostly hand-guided tools has specific requirements for weight-size parameters, that turns a winding overhang into huge problem. For the small-size drive length of winding overhang can reach active length of a motor. Winding overhang increase weight and size of the drive, also increase resistance of windings of an anchor, that reduce the effective power of the motor. Often winding overhang become the obstacle reducing efficiency of cooling, limiting possibilities of the organization of air-conducting ways.

As the solution of the described problem this work offers appliance of diamond-shaped windings of an armature of brushless DC electric motors. Such windings have no winding overhang that significantly reduces weight and size of the drive. It is obvious that the magnetic flow passing through rounds of such form is much less, than for windings of a traditional form, but decrease in electric resistance of one round opens opportunities for compensation of this effect. Reduction of cooling surface another problem of such windings, but the lack of front departures opens a possibility of use of radiator cooling system.

The coefficient of decrease of the magnetic flow in diamond-shaped windings has been conclude. Such coefficient is not affected by engine geometry. Efficiency of use of a diamond-shaped winding attains a maximum, if active length of the motor has equal to polar pitch.

Two versions of brushless DC drives of the dental drill has been developed. First with classic shape of windings of an armature and second with diamond-shaped one. When using diamond-shaped windings, besides reduction of weight-size parameters, it was succeeded to achieve more effective power, at the same geometry of an armature.

Use of diamond-shaped windings of the stator is expedient only for brushless DC electric motors with specific geometry and scopes, but in the described group it will be the effective decision.

Методы сегментации текста на изображении

Казенин И.В.
МАИ, г. Москва

С точки зрения семантической классификации большое значение имеют алгоритмы адаптивной сегментации изображений, алгоритмы информативной оценки системы первичных признаков и формирования сложных вторичных признаков, алгоритмы нечеткой метрической классификации, алгоритмы нечеткой иерархической классификации изображений на основании результатов сегментной классификации.

Один из наиболее эффективных современных методов сегментации текста на изображении – метод, в основе которого лежит применение диаграмм Вороного.

Сущность данного метода сегментации состоит в разбиении изображения на области объектов, области фонов, а также границы между фоном и объектом, либо другие фрагменты, носящие информативный характер. Для данных составных частей изображения необходимо выполнение некоторого критерия однородности. В результате сегментации получается совокупность сегментов, покрывающих все изображение. Другими словами производится пометка каждого из пикселей определенной меткой некоторого класса.

Сегментацию изображений можно считать важным этапом в последовательности операций в системах, выполняющих распознавание машинописных и рукописных текстов. Значение сегментации заключается в нахождении на плоскости изображения элементов, которые подвергаются распознаванию, такие как отдельные символы или слова, строки символов, таблицы, рисунки, а также другие объекты, находящиеся в тексте. Достаточно много современных подходов к сегментации текста берут за основу метод диаграмм Вороного.

Наиболее эффективный алгоритм построения диаграммы Вороного на плоскости был предложен Форчуном. Чтобы произвести выделение текстовых блоков (строк, абзацев, параграфов) необходимо использовать обобщение диаграммы Вороного, когда каждый из символов рассматривается в виде объекта, который состоит из совокупности связных точек.

Таким образом, при построении обобщенной диаграммы Вороного на базе точечных диаграмм целесообразным является использование множества всех точек. Так, если изображение имеет высокое разрешение, построение диаграммы Вороного для множества всех точек представляет из себя достаточно затратный процесс.

Methods of text segmentation on the image

Kazenin I.V.
MAI, Moscow

In terms of semantic classification algorithms of adaptive image segmentation, algorithms of informative evaluation of the system of primary indications and formation of complex secondary indications, algorithms of fuzzy metric classification, algorithms of indistinct hierarchical classification of images based on the results of segment classification are of great importance.

One of the most effective modern methods of the text segmentation on the image is method based on the usage of Voronoi diagrams. The essence of this segmentation method is to split the image into domains of objects, areas of backgrounds, as well as the boundaries between background and object, or other fragments that are informative in nature. For data of the constituent parts of the image, you need to accomplish some criterion of homogeneity. The segmentation results in a set of segments covering the entire image. In other words, each pixel is marked with a certain label of a some class.

Segmentation of images may be considered an important step in the sequence of operations in systems that accomplish recognition of typewritten and handwritten texts. The value of segmentation lies in finding in the image plane of the elements that are subject to recognition, such as individual symbols or words, symbol lines, tables, figures, and other objects that are in the text. A lot of modern approaches to text segmentation are based on Voronoi diagram method.

The most effective algorithm for constructing a Voronoi diagram on the plane was proposed by Fortune. To make the selection of text blocks (lines, paragraphs) it is necessary to use the generalization of Voronoi diagram, when each of the symbols is considered as an object, that consists of a aggregation of connected dots.

Therefore, during constructing a generalized Voronoi diagram based on dot diagrams, it is advisable to use the set of all dots. For example, if the image has a high resolution, the construction of Voronoi diagram for the set of all dots is quite a costly process.

Исследование и разработка алгоритмов блока управления переходным режимом при посадке для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) гибридного типа (квадрокоптер + самолёт)

Као Минь
МАИ, г. Москва

Доклад посвящен вопросам исследования и разработки блока управления переходным режимом полета БПЛА самолетного типа (гибридный тип: квадрокоптер + самолёт). Из всех режимов полета летательных аппаратов (ЛА) наиболее сложным и напряженным является режим захода на посадку и непосредственно посадки. Данный режим имеет достаточно высокую скоротечность и требует от экипажа уверенных, слаженных действий, быстрой реакции на происходящие изменения. Время на заход на посадку и посадку занимает не более 1-2% всего времени полета, однако на этот режим приходится более 50% всех авиационных происшествий (АП). Трудности управления особенно возрастают в условиях плохой видимости (туман, темнота), когда зрительное ориентирование затруднено или невозможно, а так же в условиях сильного бокового ветра. Реализация автоматической посадки ЛА, что весьма актуально для БПЛА, представляет еще более сложную задачу. При этом система управления (СУ) должна обеспечивать устойчивость, малое время отработки больших отклонений, адаптивность к воздействию возмущений и точность выхода в заданную точку приземления.

Гибридная схема позволяет объединить преимущества БПЛА самолетного типа (дальность полета) и мультикоптера (простота посадки).

Целью данной работы является исследование и разработка эффективных алгоритмов блока управления БПЛА гибридного типа, реализующих переходный режим между вертикальным и горизонтальным полётом.

В докладе проведен обзор и сравнительный анализ существующих подходов и алгоритмов блоков управления, обеспечивающих автоматическую посадку БПЛА самолетного и мультикоптерного типа. На основе проведенных исследований разработана блок-схема алгоритмов и программное обеспечение для микроконтроллера блока управления, реализующая переходный режим полета (взлет/посадка), а также блок-схемы алгоритмов и программное обеспечение для наземной станции управления (ПК), включая интерфейс оператора.

Для экспериментальной проверки разработанных алгоритмов и программ была разработана плата с микроконтроллером, акселерометрами и гироскопами для макетного образца блока управления. В настоящее время проводятся летные испытания с этим макетным блоком управления.

Результатом выполненной работы является разработка макетного блока управления переходным режимом для БПЛА гибридного типа и разработка программного обеспечения, которое обеспечивает вертикальный взлет и посадку.

Research and development of algorithms for the transient control unit during landing for unmanned aerial vehicles (UAVs) of the hybrid type (quadrocopter + aircraft)

Cao Xuan Minh
MAI, Moscow

The report is devoted to the research and development of the control unit for the transitional flight regime of a UAV aircraft type (hybrid type: quadrocopter + aircraft). Of all the flight modes of aircraft (LA), the approach and the landing is the most difficult and intense. This mode has a fairly high transience and requires a confident, well-coordinated actions from the crew, quick response to the changes. The time to approach and landing takes no more than 1-2% of the total flight time, but this mode accounts for more than 50% of all accidents (AP). Management difficulties especially increase in conditions of poor visibility (fog, darkness), when visual orientation is difficult or impossible, as well as in conditions of strong crosswind. The implementation of the automatic landing of the aircraft, which is very important for the UAV, is an even more difficult task. At the same time, the control system (SS) should ensure stability,

small time for working out large deviations, adaptability to the effects of disturbances and accuracy of reaching the set touchdown point.

The hybrid scheme allows you to combine the benefits of aircraft-type UAV (range) and multikopter (landing ease).

The purpose of this work is to research and develop efficient algorithms for the control unit of the UAV control of the hybrid type, implementing the transitional mode between vertical and horizontal flight.

The report provides a review and comparative analysis of existing approaches and algorithms of control units that provide automatic landing of UAV aircraft and multicopter type. Based on the research, a flowchart of the algorithms and software for the microcontroller of the control unit that implements a transient flight mode (takeoff / landing), as well as flowcharts of algorithms and software for the ground control station (PC), including the operator interface, have been developed.

For experimental verification of the developed algorithms and programs, a board with a microcontroller, accelerometers and gyroscopes was developed for a prototype of the control unit. Flight tests are currently underway with this mock-up control unit.

The result of the work done is the development of a prototype transient control unit for hybrid type UAVs and the development of software that provides vertical take-off and landing.

Блок управления бормашины

Каршиев Н.Т.
МАИ, г. Москва

В настоящее время использование бормашин разных типов находит большое применение в стоматологии, бьюти-индустрии, ювелирном и инструментальном производствах.

Из всего многообразия выгодно выделяются бормашины на основе мехатронной системы, состоящей из синхронного микромотора с постоянными магнитами на роторе и трехфазного инвертора напряжения, управляемой электронным блоков управления.

Одним из направлений совершенствования блоков управления микроприводом является создание этих устройств на основе метода векторного управления. Использование такого типа управления позволяет добиться максимального КПД мехатронной системы и обеспечивает максимально эффективное преобразование энергии.

Так как устройства, использующие аналогичный метод управления отсутствуют на российском рынке, то с целью повышения конкурентоспособности не только в России, но и за рубежом, принято решение спроектировать блок управления, реализующий метод управления, описанный ранее. В данной работе созданы электрическая схема и алгоритм управления микромотором, и на их основе выполнены[1,2]:

- Расчёт вторичного источника питания
- Расчёт трёхфазного инвертора
- Тепловой расчёт полупроводниковых элементов
- Программа управления для микроконтроллера
- Выбраны все необходимые электронные компоненты

Результатом выполненной работы является спроектированный блок, реализующий алгоритм векторного управления микромотором бормашины с высоким коэффициентом мощности.

Литература:

1. А.С. Анучин Системы управления электроприводов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.

2. А.Б. Виноградов Векторное управление электроприводами переменного тока. – И.: ИГЭУ, 2008. – 98 с.

Drill control unit

Karshiev N.T.
MAI, Moscow

Currently, the use of different types of drills is widely used in the dentistry, beauty industry, jewelry and tool production.

Of all the diversity, it is advantageous to distinguish drills based on a mechatronic system consisting of a synchronous micromotor with permanent magnets on the rotor and a three-phase voltage inverter controlled by electronic control units.

One of the ways to improve the control of the microdrive is the creation of these devices based on the vector control method. Using this type of control allows to achieve the maximum efficiency of the mechatronic system and provides the most effective energy conversion.

Since devices using a similar control method are not available on the Russian market, in order to increase competitiveness not only in Russia but also abroad, it was decided to design a control unit that implements the control method described earlier. In this work, an electrical circuit and an algorithm for controlling the micromotor are created, and on their basis are performed[1,2]:

- Calculation of the secondary power source
- Calculation of the three-phase inverter
- Thermal calculation of semiconductor elements
- Control program for microcontroller
- Selected all necessary electronic components

The result of the work performed is a designed block that implements the vector control algorithm of the drill micromotor with high power factor.

Практические аспекты управления беспилотным летательным аппаратом вертолетного типа с соосными винтами в кольцевом канале

Кильметов Р.А., Кильметов Р.А., Фетисов В.С.
УГАТУ, г. Уфа

Попытки создания летательных аппаратов вертолетного типа с одним или двумя винтами в кольцевом канале предпринимались с середины прошлого века. Однако создать надежный и эффективный аппарат такого типа долго не удавалось из-за технологических проблем и несовершенства систем управления полетом.

В последние годы во всем мире снова наблюдается повышение интереса к такого рода аппаратам, которые теперь являются, как правило, беспилотными. Достижения в области создания эффективных бесколлекторных электродвигателей, в технологиях химических источников тока (в первую очередь, литий-ионных аккумуляторов), новые разработки миниатюрных и производительных полетных контроллеров, а также появление новых легких композитных материалов сделали реализацию указанной схемы вполне возможной, в том числе на базе электрической силовой установки.

Авторами разрабатывается аппарат с парой соосных винтов в кольцевом канале определенного назначения: он должен перемещаться внутри сильнопересеченных пространств (лесных массивов, заводских цехов и т.п.) без нанесения ущерба собственной конструкции и окружающей обстановке. При этом не предполагается больших скоростей и перехода в горизонтальный режим полета. Управление движением осуществляется как изменением скорости вращения винтов, так и отклонением специальных лопаток в нижней части корпуса. Перечень задач – обычный для современных беспилотников: видеосъемка и мониторинг, доставка небольших грузов, ретрансляция сигналов, монтажные операции, сервис труднодоступных объектов и т.д. По сравнению с мультикоптерной схемой построения беспилотных аппаратов для данного предназначения предлагаемая схема обладает некоторыми преимуществами: большей энергоэффективностью, простотой организации защищенной конструкции, большими возможностями преодоления условно-проходимых препятствий.

В докладе обобщен опыт предыдущих исследователей и фирм, а также представлены результаты собственных разработок различных вариантов конструкций и испытаний действующих макетов летательных аппаратов.

Приведены практические схемы на основе серийных полетных контроллеров. Анализируются достоинства и недостатки применения различных комбинаций двигателей, их драйверов, винтов и аккумуляторных батарей.

Даны практические рекомендации по расчету геометрии корпуса, выбору сервоприводов и размера отклоняемых лопаток, настройке ПИД-коэффициентов для разных каналов управления с целью обеспечения хорошей устойчивости аппарата.

Practical aspects of control for coax-copter with two ducted propellers

Kilmetov R.A., Kilmetov R.A., Fetisov V.S.
USATU, Ufa

Many attempts to design helicopter type vehicle with one or two ducted propellers were made from the middle of the last century. But it was difficult to create a reliable and efficient vehicle of such a type due to technological problems and imperfection of flight control systems.

In recent years all over the world we can see increasing interest to such aerial vehicles which now are pilotless as a rule. Achievements in the fields of efficient brushless motors, chemical sources of electrical energy (especially Li-Ion accumulators), diminutive and flight controllers of sufficient processing power, new light composite materials made creation of the mentioned scheme, including one on the basis of the fully electrical propulsion system, rather possible and reasonable.

Authors develop the aerial vehicle with two ducted propellers for the specified destination. It must fly inside complicated space with multiple obstacles (woodlands, industrial sites and so on) without damage to circumstances and its own structure. The supposed flights don’t require significant speed and transition to horizontal flight mode. Motion control is realized as by means of propellers rotary speed as by deflection of special vanes in the bottom of the vehicle frame. The list of tasks is common, as for the most of UAVs: video filming, monitoring, reconnaissance, small cargoes delivery, retransmission of signals, assembly operations, service of hard-to-reach objects and so on. For the named destination the investigated scheme is more preferable than multicopter’s one due to the following advantages: advanced energy efficiency, simple and efficient impact-proof design, good possibilities for passing conditionally permeable obstacles.

Previous researchers experience is generalized in the work. Also developed variants of the vehicle construction and results of flying models tests are presented.

Practical charts on the basis of standard flight controllers are shown. Advantages and disadvantages of various combinations of motors, drivers, propellers and accumulator batteries are analyzed.

Practical recommendations concerning design of the vehicle frame, choice of servo actuators, calculation of guide vanes and tuning PID-coefficients for all control channels for good robustness are made.

Особенности управления мультироторной платформой

Климов И.С., Пименов Ю.М., Миронова М.А.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы является рассмотрение возможных и наиболее эффективных вариантов управления мультироторной платформы с непосредственным разделением функций управления подъемной силой и угловой стабилизацией (разделенная нагрузка)

В последнее время остро стоит вопрос о повышении полетного времени мультироторных платформ [1]. Ограничение полетного времени в основном связанно с типом энергоносителя – литий полимерного аккумулятора [2]. Плотность энергии в данном накопителе намного ниже, чем у бензина и водородного топлива. Исходя из этого, часто выдвигаются проекты с попыткой исключить литий-полимерные аккумуляторы из схемы коптера и заменить его более энергоэффективным типом накопителя [3].

Нами предпринята попытка создать такую мультироторную платформу, чтобы ее полетное время было выше аналогов. Так как для управления мультироторной платформой требуется быстрое реагирование на любое воздействие (от окружающей среды или от пилота), то мы не можем отказаться от электрических двигателей. Также нами была рассмотрена следующая схема мультироторной платформы: двигатель внутреннего сгорания(ДВС) передает крутящий момент на вал генератора, который в свою очередь обеспечивает энергией всю электронику ЛА. Но в таком варианте будут значительные потери на связке ДВС-генератор. Намного эффективнее разделить нагрузку на разные типы двигателей: электрические двигатели, обеспечивающие управляющий момент, и ДВС, создающий основную тягу для поднятия системы в воздух.

При создании модели было математически выявлено и экспериментально подтверждено, что при создании мулькоптера большого размера и большой массы стандартного типа управления по рысканью недостаточно. Для устранения этого недостатка было решено изменить контур управления ЛА по рысканью. А именно исключить из алгоритма управления по рысканью моторы ЛА и добавить руль направления.

Литература:

1. Евгений Ерохин, Андрей Коломиец Мультикоптеры: новый вид [Электронный ресурс] – URL: http://uav.ru/articles/multicopters.pdf (дата обращения: 7.02.2018)

2. Хрусталев Д.А. Аккумуляторы. – М.: Изумруд, 2003

3. Гулиа Н.В. Накопители энергии – М.: Наука, 1980

Features of multirotor platform control

Klimov I.S., Pimenov Y.M., Mironova M.A.
MAI, Moscow

The purpose of this work is to consider the possible and most effective options for controlling a multi-rotor platform with a direct separation of the functions of lift control and angular stabilization (split load)

Recently, the question of increasing the flight time of multi-rotor platforms is acute [1]. Flight time limitation is mainly related to the type of energy carrier - a lithium polymer battery [2]. The energy density in this drive is much lower than that of gasoline and hydrogen fuel. On this basis, projects are often put forward with an attempt to exclude lithium-polymer batteries from the kopter circuit and replace it with a more energy efficient drive type [3].

We have attempted to create such a multi-rotor platform so that its flight time would be higher than its analogues. Since controlling a multi-rotor platform requires a quick response to any impact (from the environment or from the pilot), we cannot abandon electric motors. We also considered the following scheme of a multi-rotor platform: an internal combustion engine (ICE) transmits torque to the generator shaft, which in turn provides energy to all the aircraft electronics. But in this version there will be a significant loss in the ICE-generator bundle. It is much more effective to divide the load on different types of engines: electric motors, providing the control moment, and the internal combustion engine, which creates the main thrust to lift the system into the air.

When creating a model, it was mathematically revealed and experimentally confirmed that when creating a large-sized multicopter, a large mass of a standard type of yaw control is not enough. To eliminate this drawback, it was decided to change the control circuit of the aircraft along the yaw. Namely, to exclude aircraft engines from the control algorithm for yaw and to add a rudder.

References:

1. Evgeny Erokhin, Andrey Kolomiyets Multicopter: a new species [Electronic resource] - URL: http://uav.ru/articles/multicopters.pdf (access date: 7.02.2018)

2. Khrustalev D.A. Batteries. - M .: Izumrud, 2003

3. Gulia N.V. Energy stores - M .: Science, 1980

Авиационный ветроэнергетический комплекс с улучшенными массогабаритными показателями для аварийной системы электроснабжения воздушного судна

Князев А.С.
МАИ, г. Москва

Авиационные ветроэнергетические комплексы (АВЭК) являются простыми и надежными аварийными источниками энергии. В настоящее время на современных отечественных самолётах Сухой Суперджет-100 и МС-21 установлены зарубежные АВЭК, подлежащие импортозамещению. В связи с этим изучены особенности работы АВЭК, выявлены недостатки существующих образцов. С учетом этой информации разработаны конструкции перспективных АВЭК, обладающих улучшенными массогабаритными показателями, оригинальность которых подтверждена патентами на изобретение.

Рассмотрены АВЭК с генераторами различной конструкции – радиальным, аксиальным и коническим. Изучены конструктивные особенности и технологии изготовления этих генераторов. Разработана методика и программа для расчёта параметров генераторов различной конструкции с постоянными магнитами, а также программа для автоматического построения их трёхмерных моделей. Разработанные программы существенно облегчают и ускоряют процесс расчёта и проектирования моделей генераторов с постоянными магнитами. На разработанные программы получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Выполнен расчёт параметров электрогенераторов различной конструкции с постоянными магнитами для АВЭК. В программе «Ansys Maxwell 16» построены их трёхмерные модели и проведен электромагнитный анализ. Получены картины распределения магнитной индукции, определены выходные напряжения на холостом ходу и под нагрузкой, определена степень насыщения магнитопроводов на различных участках. В дальнейшем построенные модели генераторов могут быть также использованы для выполнения связанных видов анализа - теплового и прочностного.

На основании проведенных расчётов и исследований определены массогабаритные показатели АВЭК с генераторами различной конструкции с постоянными магнитами. Установлено, что массогабаритным показателям разработанные АВЭК с генераторами с постоянными магнитами превосходят существующий импортный аналог с трёхмашинным генератором.

Описана проблема выбора регулятора напряжения для АВЭК с генератором на постоянных магнитах. Приведены возможные схемы регулятора напряжения с учётом выбора конструкции генератора, а также требуемого вида электроэнергии – постоянного или переменного тока. Перечислены направления дальнейшей работы по разработке перспективных отечественных АВЭК.

Aviation wind power complex with improved size / weight parameters for emergency power supply system of the aircraft

Knyazev A.S.
MAI, Moscow

Aviation wind power complexes (AWPC) are simple and reliable emergency energy sources. Currently, the modern domestic aircraft Sukhoi Superjet-100 and MS-21 installed foreign AWPC, subject to import substitution. In this regard, the features of the AWPC, identified shortcomings of existing samples. Taking into account this information, the designs of promising AWPC with improved weight and size indicators, the originality of which is confirmed by patents for the invention, have been developed.

The AWPC with generators of different design – radial, axial and conical are considered. Design features and manufacturing techniques of these generators are studied. The technique and program for calculation of parameters of generators of various design with permanent magnets, and also the program for automatic construction of their three-dimensional models are developed. The developed programs significantly facilitate and accelerate the process of calculation and

design of models of generators with permanent magnets. On the developed programs received certificates of state registration of computer programs.

The calculation of parameters of electric generators of various designs with permanent magnets for AWPC is performed. The program "Ansys Maxwell 16" built their three-dimensional models and electromagnetic analysis. The distribution patterns of magnetic induction are obtained, the output voltages at idle and under load are determined, the degree of saturation of magnetic cores at different sites is determined. In the future, the constructed models of generators can also be used to perform related types of analysis - thermal and strength.

On the basis of the carried out calculations and researches the mass-dimensional indicators of AWPC with generators of various design with permanent magnets are defined. It is established that the mass-dimensional indicators developed by AWPC with generators with permanent magnets exceed the existing imported analog with a three-machine generator.

Described the problem of choice of the voltage regulator to AWPC with the generator on permanent magnets. The possible schemes of the voltage regulator taking into account the choice of the generator design, as well as the required type of electricity – DC or AC. The directions of further work on the development of promising domestic AWPC are listed.

Лабораторный пилотажный стенд для проведения практических и лабораторных работ по направлению: системы автоматического управления летательными аппаратами

Колбасов В.Н., Мазуров И.С.
МАИ, г. Москва

В настоящее время процесс обучения высококвалифицированных пилотов, а также проведения обучения основам теории полета и теории управления во многих исследовательских институтах является сложным и дорогостоящим, но востребованным процессом. Для максимальной эффективности в обучении применяются дорогостоящие, и сложные в освоении пилотажные стенды, представляющие из себя симулятор системы управления летательным аппаратом (ЛА). Такое оборудование требует постоянного трудозатратного, доростоящего и высококвалифицированного обслуживания. Производить и эксплуатировать его могут только очень крупные предприятия и институты в единичных экземплярах. Что существенно отражается на процессах и качестве обучения по таким важным направлениям как, например, системы автоматического управления ЛА.

Ввиду данной проблемы была поставлена задача. Разработать лабораторный пилотажный стенд для проведения практических и лабораторных работ по вышеописанным направлениям, в частности по темам, посвященным системам директорского управления ЛА. Стенд будет являться простым и экономичным в изготовлении и обслуживании. Но будет иметь мощную программную базу, позволяющую добиться максимальной эффективности в обучении.

Пилотажный стенд был сделан на основе рулевого механизма самолёта МиГ-21, что дает максимальное приближение процесса моделирования к реальному.

Аппаратная часть стенда включает в себя:

• Имитационный стенд системы управления самолетом, включающий в себя главную ручку управления и педали;

• Три потенциометрических датчика снимающих показания непосредственно с органов управления;

Программное обеспечение ПК разработано в среде SimIntech и включает в себя три работающих в реальном времени в режиме пакета проекта. Одним из которых является модель многофункционального индикатора, на котором идёт отображение процесса моделирования. Обмен сигналами в проекте осуществляется через базу данных сигналов SimInTech.

Было проведено тестирование работы системы в комплексе, подтвердившее ее работоспособность. Модульность системы обеспечивает ее гибкость и наращиваемость.

Одним из дальнейших улучшений будет визуальная среда для отображения процесса моделирования полёта ЛА, чтобы сделать его наиболее понятным и эффективным для оператора. Так же рассматривается возможность совмещения стенда с технологией VR – виртуальной реальности, для ещё большего погружения оператора в процесс обучения.

Laboratory flight stand for practical and laboratory work in the direction of automatic control system (ACS) for aircraft

Kolbasov V.N., Mazurov I.S.
MAI, Moscow

At present, the process of training highly skilled pilots, as well as conducting training in the basics of flight theory and control theory in many research institutes, is a complex and expensive, but demanded process. To maximize the efficiency of training, costly and complex aerobatic stands are used, which are the aircraft control system simulator. Such equipment requires constant labor-intensive, expensive and highly skilled maintenance work. It can be produced and operated only by very large enterprises and institutions in single copies. That significantly affects the processes and quality of training in such important areas as, for example, automatic control systems for aircraft.

In view of this problem, a task was set. To develop a laboratory flight stand for carrying out practical and laboratory work in the above-described areas, in particular, on topics devoted to the aircraft management systems. The stand will be economical and not so sophisticated to produce and maintain it. But it will have a powerful software base that allows you to achieve maximum efficiency in learning.

The aerobatic stand was made on the basis of the steering mechanism of the MiG-21, which gives the maximum approximation of the modeling process to the real one.

The hardware part of the stand includes:

• Imitation stand of the aircraft control system, which includes the main control stick and pedals;

• Three potentiometric sensors that take the results from the controls mechanisms;

The PC software is developed in the SimInTech environment and includes three working in real time in the project package mode. One of which is the multifunctional indicator model, on which the modeling process is displayed. The exchange of signals in the project is carried out through the database of signals SimInTech.

Testing of the system in the complex was carried out, which confirmed its efficiency. The modularity of the system ensures its flexibility and scalability.

One of the further improvements will be the visual environment system for displaying the flight process of an aircraft to make it more understandable and effective for the operator. It also considers the possibility of combining the stand with VR technology - virtual reality, for even greater immersion of the operator in the learning process.

Создание интегрированной автоматизированной системы для проектирования узлов и блоков БА КА

[1]Колдасова С.К., [2]Лепешкин Д.С.
[1]МАИ, [2]РКС, г. Москва

В настоящее время комплексным решением, позволяющим обеспечить электронное сопровождение процесса создания сложной наукоемкой продукции на предприятиях космического приборостроения на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) от идеи до утилизации, является внедрение интегрированной автоматизированной системы (ИАС) управления электронными документами и данными, что и является целью работы.

Применение данной системы обеспечит единообразные способы управления процессами совместной работы всех участников ЖЦ. Основной идеей ИАС является организация данных предприятия (корпорации, организации и т.п.) в едином стандартизованном информационном пространстве (ЕИП), где за счет обеспечения коллективного доступа к информационным инженерным ресурсам возможно существенно

упростить выполнение этапов ЖЦ изделий, повысить производительность труда, оптимизировать процесс разработки, подготовки производства.

ИАС – является одной из основных систем предприятия и должна интегрироваться со всеми автоматизированными системами предприятия, которые участвуют в процессе ЖЦ изделий. В ИАС действует единая система правил представления, хранения и обмена информацией. В соответствии с этими правилами в ИАС протекают информационные процессы, сопровождающие и поддерживающие ЖЦ изделия на всех его этапах. Здесь реализуется главный принцип ИАС: информация, однажды возникшая на каком-либо этапе ЖЦ, сохраняется в ИАС и становится доступной всем участникам этого и других этапов. Это позволяет избежать дублирования, перекодировки и несанкционированных изменений данных, а также ошибок, связанных с этими процедурами, и сократить затраты труда, времени и финансовых ресурсов.

По результатам применение ИАС в основной деятельности предприятия позволит повысить эффективность выполнения следующих процессов: разработка электронного макета, электронной геометрической модели и конструкторской документации (КД); выпуск КД; управление электронной структурой изделия; учет и хранение КД и документации по внесению изменений в КД; управление изменениями КД; управление нормативно-справочной информацией; управление электронной базы компонент; автоматизация рабочих процессов; автоматизация процедур передачи документов; хранение результатов расчетов; поиск документов и данных; автоматизацией процесса отработки КД при запуске в производство; выпуск технологической документации; управление изменениями технологической документации.

Creation of an integrated automated system for designing components and units of spacecraft onboard equipment

[1]Koldasova S.K., [2]Lepeshkin D.S.
[1]MAI, [2]RSS, Moscow

Currently, a comprehensive solution that allows providing electronic support for the process of creating complex science-intensive products at the enterprises of space instrumentation at all stages of the life cycle (LC) from the idea to disposal is the introduction of an integrated automated system (IAS) management of electronic documents and data, which is the purpose of the work.

The use of this system will provide uniform ways to manage the processes of joint work of all participants of the LC. The main idea of IAS is the organization of enterprise data (corporations, organizations, etc.) in a single standardized information space (EIP), where by providing collective access to information engineering resources it is possible to significantly simplify the implementation of the stages of HCS products, increase productivity, optimize the process of development, preparation of production.

IAS-is one of the main systems of the enterprise and must be integrated with all automated systems of the enterprise, which are involved in the process of LC products. The IAS has a unified system of rules for the submission, storage and exchange of information. In accordance with these rules, the IAS information processes that accompany and support the HCS products at all stages. Here the main principle of IAS is realized: the information once arisen at any stage of zhts, remains in IAS and becomes available to all participants of this and other stages. This avoids duplication, recoding and unauthorized changes to data, as well as errors associated with these procedures, and reduces the cost of labor, time and financial resources.

According to the results, the use of IAS in the main activity of the enterprise will improve the efficiency of the following processes: development of electronic layout, electronic geometric model and design documentation (CD); release of CD; management of the electronic structure of the product; accounting and storage of CD and documentation for changes in the CD; management of changes in the CD; management of regulatory information; management of electronic database component; automation of workflows; automation of document transfer procedures; storage of calculation results; search for documents and data; automation of the

process of working out the CD at the start of production; production of technological documentation; management of changes in technological documentation.

Моделирование работы электрической схемы и вращающегося трансформатора для бесконтактной системы питания сверхпроводниковых катушек

Колесов К.А., Дежин Д.С.
МАИ, г. Москва

Для решения задачи передачи тока к сверхпроводниковой (СП) обмотке возбуждения на роторе был предложен метод бесконтактного питания. Его суть заключается в использовании вращающегося трансформатора и выпрямителя. На первичную обмотку трансформатора, расположенную на статоре, подается переменный ток. К вторичной обмотке через полупроводниковый выпрямитель подключаются СП катушки обмотки возбуждения. Все эти элементы расположены на роторе электрической машины (ЭМ), и способны выполнять свои функции в криогенной среде. Регулирование тока в СП обмотке осуществляется посредством изменения тока в первичной обмотке вращающегося трансформатора. При такой схеме питания пропадает необходимость размещать щёточный узел вне криогенной зоны СП ЭМ. Как следствие, пропадают присущие ему отрицательные факторы, негативно влияющие на работу СП электрической машины.

На предыдущем этапе работы проводились экспериментальные исследования полупроводникового диода в среде жидкого азота. Результаты показали, что вольтамперная характеристика диода, измеренная при комнатной температуре, и при его охлаждении отличаются. Полученные экспериментальные данные использовались при моделировании электрической схемы бесконтактной системы питания.

Моделирование производилось в программе MATLAB Simulink, что позволило изучить динамику процессов и подобрать необходимые компоненты электрической схемы. Исследование процессов во вращающемся трансформаторе производилось в программе COMSOL Multiphysics. Произведен проверочный расчет магнитных полей, рассчитаны основные параметры трансформатора, и оптимизирована его конструкция.

В докладе представлены результаты экспериментальных исследований полупроводникового диода и приведены результаты моделирования электрической схемы и вращающегося трансформатора.

Литература:

1. Dezhin D., Ilyasov R., Kovalev K. etc. Synchronous motor with HTS-2G wires. Journal of Physics: Conference Series. 2014. Т. 507. № PART 3. С. 032011

2. Колесов К.А., Дежин Д.С. Бесконтактная система питания сверхпроводниковых катушек постоянного тока. 16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2017». 20–24 ноября 2017 года. Москва. Тезисы. – Типография «Люксор», 2017. С. 163

Simulation of electric circuit and rotating transformer operation for non-contact power supply system of superconducting coils

Kolesov K.A., Dezhin D.S.
MAI, Moscow

To solve the problem of current transfer to the superconducting (SP) excitation winding on the rotor, a method of contactless power supply was proposed. Its essence lies in the use of a rotating transformer and rectifier. The primary winding of the transformer, located on the stator, is supplied with alternating current. To the secondary winding through a semiconductor rectifier connected SP coil excitation winding. All these elements are located on the rotor of an electric machine (EM), and are able to perform their functions in a cryogenic environment. Current regulation in the SP winding is carried out by changing the current in the primary winding of the rotating transformer. With this power scheme, there is no need to place the brush unit outside the cryogenic zone of the SP EM. As a result, the inherent negative factors that negatively affect the operation of the joint venture of the electric machine disappear.

At the previous stage, experimental studies of the semiconductor diode in liquid nitrogen were carried out. The results showed that the current - voltage characteristic of the diode measured at room temperature and its cooling differ. The obtained experimental data were used to simulate the electrical circuit of the contactless power supply system.

The simulation was carried out in MATLAB Simulink program, which allowed to study the dynamics of processes and select the necessary components of the electrical circuit. Research of processes in the rotating transformer was made in the program COMSOL Multiphysics. Verification calculation of magnetic fields is made, the main parameters of the transformer are calculated, and its design is optimized.

The report presents the results of experimental studies of the semiconductor diode and the simulation results of the electrical circuit and the rotating transformer.

References:

1. Dezhin D., Ilyasov R., Kovalev K. etc. Synchronous motor with HTS-2G wires. Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 507. PART 3 . P. 032011

2. Kolesov K., Dezhin D.S. Contactless power supply system of superconducting coils of direct current. 16th international conference "aviation and cosmonautics-2017". 20-24 November 2017. Moscow. Theses. - Luxor Printing House, 2017. P. 163

Разработка и исследование однофазного инвертора с многоуровневым напряжением на входе силового фильтра

Комаров И.О., Крючков В.В.
МАИ, г. Москва

Инверторы предназначены для преобразования постоянного напряжения в переменное заданного качества. Инверторы необходимы для питания различных электронных устройств, включающих в себя вычислительные, преобразовательные и телекоммуникационные системы, устройства управления, навигационные системы, системы управления жизнедеятельности экипажа и многие другие. Заданное качество выходного напряжения инвертора, определяемое для бортовых устройств такого типа коэффициентом гармоник согласно ГОСТ Р 54073 – 2010, обеспечивается с помощью выходного индуктивно-емкостного фильтра, параметры которого оказывают существенное влияние на массу и габариты всего инвертора. Повысить качество напряжения на входе силового фильтра можно двумя способами: исключением определенного числа низших из высших гармоник импульсного напряжения, т.е. использованием режимов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [1], либо минимизацией коэффициента гармоник этого напряжения, т.е. приближением его формы к синусоидальной [2].

Цель работы – разработка и исследование однофазного инвертора с цифровым управлением мостовыми коммутаторами для формирования многоуровневого напряжения на входе силового фильтра.

В работе пока показана реализация управления мостовыми коммутаторами однофазного инвертора аналого-цифровыми методами и рассмотрена возможность перехода к полностью цифровому управлению.

Приведена модель инвертора с многоуровневым выходным напряжением и результаты моделирования Matlab/Simulink.

Литература:

1. Т.В. Анисимова, А.В. Бокунов, В.В. Крючков Сравнительный анализ многоимпульсных выходных напряжений инверторов. – Практическая силовая электроника, №2(46), С. 28–36.

2. В.И. Волков, В.В. Крючков. Ю.Г. Следков Каскадный инвертор с многоуровневым выходным напряжением. – Практическая силовая электроника, № 2(66), 2017, С. 25–31.

Development and study of a single-phase inverter with multi-level voltage at the power filter input

Komarov I.O., Kryuchkov V.V.
MAI, Moscow

Inverters are designed to convert DC voltage into AC voltage of a specified quality. Inverters are necessary to supply various electronic devices, including computing systems, converting, telecommunication, control devices, navigation systems, crew life supporting systems etc. The output inductive-capacitive filter, which parameters have an impact significant mass and size of the entire inverter, provides the specified quality of the inverter output voltage, determined for onboard devices of this type by the total harmonic distortion according to the state standart R 54073-2010. There are two ways to improve voltage quality at the power filter input: suppression of total elimination of a certain number of lower orders harmonics of the pulse voltage, i.e. application of pulse-width modulation (PWM) modes [1], or the minimization of this voltage harmonic distortion, i.e. the approximation of its shape to the sinewave [2].

The purpose of the work consists the developing and study of a single-phase inverter with digital control of full-bridge circuits form a multi-level voltage at the power filter input.

The paper demonstrates the implementation of full-bridge circuits control for single-phase inverter by analog-digital methods and considers the possibility of transition to fully digital control.

The model of the inverter with multi-level output voltage and the simulation results in Matlab/Simulink are presented.

References:

1. T.V. Anisimova, A.V. Bakunov, V.V. Kryuchkov Comparative analysis of the output voltages of the inverters. - Practical power electronics, №2 (46), pp. 28 – 36.

2. V.I. Volkov, V.V. Kryuchkov. Yu.G. Sledkov Cascade inverter with multi-level output voltage. – Practical power electronics №2 (66), 2017, pp. 25–31.

Информационное обеспечение систем управления проектами авиационных и космических объектов

Кондрашов Ю.Н.
МАИ, г. Москва

В докладе рассматриваются функции информационного обеспечения систем управления проектами авиационных и космических объектов, принципы его реализации, логическая структура данных, алгоритмы создания и использования моделей для определения затрат ресурсов и времени операций сетевой модели жизненного цикла изделий.

Логическая структура данных инвариантна и настраивается на типовые элементы технической системы (ТС), операции жизненного цикла, виды используемых ресурсов. Конкретное проектное решение и структура операций жизненного цикла формируется на основе типовых элементов. Это обеспечивает удобство задания структуры варианта ТС, структуры операций жизненного цикла и определения затрат ресурсов и времени операций, а также снижает вероятность ошибок при подготовке исходных данных.

Модели прогнозных значений затрат ресурсов и времени операций строятся в виде многомерных функций проектных и/или технологических параметров ТС. Используется набор альтернативных методов построения моделей от эвристических, сочетающих формальные методы статистического анализа с неформальными экспертными оценками, до методов Data Mining.

Современные широко используемые СУБД, (например, Microsoft SQL Server, которая широко используется в различных системах управления проектами) включают развитые аналитические сервисы, поддерживающие решение задач Data Mining. Анализируется возможности использования методов Data Mining для построения и использования моделей прогнозных значений затрат ресурсов и времени операций и выделены методы дерева принятия решений, линейной регрессии и нейронной сети.

Метод линейной регрессии может использоваться при относительно небольшом объеме ретроспективной информации но не обеспечивает достаточно хорошего качества прогнозной модели. Метод дерева принятия строит достаточно представительную модель (включаются значимые проектные и технологические параметры). Однако качество прогнозной модели сильно зависит от объёма ретроспективной.

Метод нейронной сети создает хорошую модель при относительно небольшом объёме исходных данных, но неявный вид модели затрудняет интерпретацию полученного результата.

С учетом особенностей областей применимости того или иного метода, обосновывается использование комбинации перечисленных методов при построении прогнозных моделей.

Information support for project management systems for aviation and space objects

Kondrashov Y.N.
MAI, Moscow

The report examines the information support functions for project management systems for aviation and space objects, the principles of its implementation, the logical structure of data, the algorithms for creating and using models to determine the resource costs and the time of operations of the network model of the product life cycle.

The logical structure of the data is invariant and is tuned to typical elements of a technical system (TC), life cycle operations, types of resources used. The concrete design decision and the structure of life cycle operations are formed on the basis of typical elements. This provides the convenience of specifying the structure of the TS version, the structure of life cycle operations and determining the costs of resources and the time of operations, and reduces the likelihood of errors in the preparation of the original data.

Models of forecast values of resource costs and time of operations are constructed in the form of multidimensional functions of design and / or technological parameters of the TS. A set of alternative methods for constructing models from heuristic models, combining formal methods of statistical analysis with informal expert assessments, to Data Mining methods is used.

Modern widely used DBMS, (for example, Microsoft SQL Server, which is widely used in various project management systems) include advanced analytical services supporting the solution of Data Mining tasks. The possibilities of using Data Mining methods for constructing and using models of forecast values of resource costs and time of operations are analyzed and the methods of decision tree, linear regression and neural network are highlighted.

The linear regression method can be used with a relatively small amount of retrospective information but does not provide a sufficiently good quality of the forecast model. The method of the adoption tree constructs a fairly representative model (significant design and technological parameters are included). However, the quality of the forecast model strongly depends on the amount of retrospective.

The neural network method creates a good model with a relatively small amount of raw data, but the implicit view of the model makes it difficult to interpret the result.

Taking into account the peculiarities of the applicability of one or another method, the use of a combination of these methods in the construction of forecast models is justified.

Пути совершенствования тормозных систем мобильных роботов для повышения качества их управления

Котова А.М., Ванцов С.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время существуют работающие модели мобильных роботов, имеющие ряд недостатков, связанных с недостаточной плавностью движения во время экстренных остановок. Для обеспечения должного использования робота необходимо разработать систему торможения и управления, позволяющую регулировать движение робота безопасно для производственного процесса и перевозимых предметов.

Главными требованиями при выборе тормозной системы являются:

• Низкие массогабаритные показатели;

• Низкое энергопотребление;

• Низкое влияние тормозной системы на движение при холостом ходу.

Исследование характеристик различных типов тормозных приводов показывает, что необходимыми качествами торможения обладают электрические тормозные системы. Преимуществом таких систем является высокая скорость срабатывания и обеспечение плавности хода робокара в экстренных ситуациях.

Решение задачи по усовершенствованию тормозных систем мобильного робота, заключается в использование в качестве тормозного механизма бесконтактного электродвигателя, вмонтированного в колесо, состоящий из статора и вращающегося ротора. При подаче тока определенной величины в статор, ротор начинает вращаться и ходовой винт передвигается с разной скоростью, на разную величину перемещения, а также может менять направление движения в зависимости от характера вращения ротора. Ходовой винт, соединенный с колодкой, в зависимости от дорожных условий и характера торможения воздействует на тормозную колодку, прижимая или отводя ее от тормозного диска [1].

В работе путем произведенного анализа существующих моделей мобильных роботов, определен наиболее подходящий тип тормозной системы, отвечающий требованиям необходимых условий передвижений.

Литература:

1. Электромеханические тормозные системы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ustroistvo-avtomobilya.ru/tormoznaya-sistema/e-lektromehanicheskie-tormozny-e-sistemy/– (Дата обращения: 19.09.2018).

Ways to improve the braking systems of mobile robots to improve the quality of their management

Kotova A.M., Vantsov S.V.
MAI, Moscow

Currently, there are working models of mobile robots that have a number of disadvantages associated with insufficient smoothness of movement during emergency stops. To ensure proper use of the robot, it is necessary to develop a braking and control system that allows to regulate the robot movement safely for the production process and transported objects.

The main requirements when choosing a brake system are:

• Low weight and dimensions;

• Low power consumption;

• Low influence of the braking system on idling.

The study of the characteristics of different types of brake actuators shows that the necessary qualities of braking have electric brake systems. The advantage of such systems is the high speed of operation and ensuring the smooth running of the robocar in emergency situations.

The solution to the problem of improving the braking systems of a mobile robot is to use as a brake mechanism a contactless motor mounted in a wheel consisting of a stator and a rotating rotor. When a certain amount of current is supplied to the stator, the rotor begins to rotate and the lead screw moves at different speeds, at different values of movement, and well, can also change the direction of movement depending on the nature of the rotor rotation. The lead screw connected to the brake pad, depending on the road conditions and the nature of braking, acts on the brake pad by pressing or pulling it away from the brake disc [1].

In work by the made analysis of the existing models of mobile robots, the most suitable type of brake system meeting the requirements of necessary conditions of movements is defined.

References:

1. Electromechanical brake systems [Electronic resource] - access Mode: http://ustroistvo-avtomobilya.ru/tormoznaya-sistema/e-lektromehanicheskie-tormozny-e-sistemy/- (date of application: 19.09.2018).

Особенности разработки программного обеспечения доступа к данным в системе геопространственного мониторинга

Кофман М.С., Алещенко А.С.
МАИ, г. Москва

В современном мире приобретает большую роль необходимость использования многофункциональной системы геопространственного мониторинга, которая решает задачу оперативного выявления изменений отслеживаемых параметров, их оценку, выработку рекомендаций для предупреждения негативных процессов, а также устранение этих процессов и их последствий. Такая система может быть использована для борьбы с терроризмом, анализа социальных настроений и других целей. Так как реализация системы мониторинга, которая может быть создана на основе сети Wi-Fi, будет собирать данные подключенных к сети клиентов, для обеспечения прозрачности наблюдения предлагается обеспечить свободный доступ для всех подключенных клиентов к отчетам по обработке данных на устройствах с использованием стандарта Wi-Fi Direct.

Технология Wi-Fi Direct позволяет устройствам легко соединяться друг с другом, не требуя точки беспроводного доступа. В работе [1] было рассмотрено использование единой сети Wi-Fi MT_FREE в качестве возможной основы для развертывания системы геопространственного мониторинга. Было решено разрабатывать ПО для ОС iOS, так как ее использует большинство мобильных устройств, подключающихся к сети MT_FREE.

При разработке ПО для iOS был использован фреймворк Multipeer Connectivity, реализующий технологию Wi-Fi Direct. С его помощью были решены задачи поиска и подключения к ближайшему серверу, передающему отчеты по обработке данных, а также передача отчетов в виде сообщений на устройство клиента.

Для изучения работы фреймворка Multipeer Connectivity были созданы два приложения на языке программирования Swift: приложение-клиент и приложение-сервер. Функционал приложений различается следующим образом: приложение-клиент обладает возможностью только принимать сообщения от находящейся поблизости станции с приложением-сервером. Приложение-сервер позволяет редактировать и отправлять сообщения клиентам.

При включенном Wi-Fi приложение-клиент автоматически подключается к ближайшему устройству, на котором запущено приложение-сервер и мгновенно получает отправляемые с него сообщения. В сети геопространственного мониторинга данные по Wi-Fi каналу предполагается передавать в открытом виде, но на стороне сервера обеспечивать их анонимность с использованием технологии дифференциальной приватности.

Литература:

[1] М. Кофман, «Туманные вычисления в единой Wi-Fi сети Умного города» в материалах XLIII конференции Гагаринские Чтения, Москва, 2018.

Features of software development for data access in the geospatial monitoring system

Kofman M.S., Aleshchenko A.S.
MAI, Moscow

In the modern world, a multi-functional geospatial monitoring system is becoming more and more important. This system could solve the tasks of promptly identifying the changes in tracked parameters, assessment of that changes, development of recommendations for the prevention of negative processes and elimination of these processes and their consequences. Such a system can be used to combating terrorism, analysis of social sentiments and other purposes. Since the implementation of the monitoring system, which can be created on the basis of a Wi-Fi network, will collect data from clients connected to the network, in order to ensure transparency of observation, it is proposed to provide free access for all connected clients to data processing reports on clients' devices using the Wi-Fi Direct standard.

The Wi-Fi Direct technology allows devices to easily connect with each other without requiring a wireless access point. In [1], implementation of a unified Wi-Fi network MT_FREE

was considered as a possible basis for the deployment of a geospatial monitoring system. It was decided to develop software for iOS, since it is used by most mobile devices connecting to the MT_FREE network.

The framework Multipeer Connectivity, which implement the Wi-Fi Direct technology, was used while developing for IOS. With help of this framework, the tasks of searching and connecting to the nearest server that transmit data processing reports, as well as reporting reports in the form of messages to the client device, were solved.

To study the work of the Multipeer Connectivity framework, two applications were created with the Swift programming language: the client application and the server application. The functionality of applications differs as follows: the client application has the ability to only receive messages from a nearby station with installed server application. The server application allows you to edit and send messages to clients.

When Wi-Fi is turned on, the client application automatically connects to the nearest device that is running the server application and instantly receives messages sent from it. In the geospatial monitoring network, data over the Wi-Fi channel is supposed to be transmitted in open form, but on the server side to ensure their anonymity supposed to use the technology of differential privacy.

References:

[1]. M. Kofman, “Fog computing in unified wi-fi network of Smart City”, from XLIII Gagarin Science Conference, Moscow, 2018.

Разработка и исследование имитационной модели бортового пульта управления

Кочубей Д.Р.
ИТМО, г. Санкт-Петербург

Рассматривается реализация имитационной модели бортового пульта в рамках разрабатываемого стенда имитационной модели космического аппарата. В работе представлен разработанный блок управления и блоки обработки сигналов. Реализуется моделирование влияния шума на каналы передачи информации. Также производится оценка эффективности распознавания искаженного сигнала блоком обработки сигналов. Определяется предельная помехоустойчивость разработанной модели имитационного моделирования.

Имитационные модели реализуются в среде разработки LabView с помощью графического языка программирования «G». Отличительной особенностью данной среды разработки является визуализация разрабатываемых виртуальных приборов.

Подробно рассмотрены методы реализации формирования, передачи и анализа вызываемых с пульта управления команд, описан способ моделирования воздействия шума на каналы передачи информации.

На полезный сигнал аддитивно добавляется шум, имеющий равномерное распределение. Дисперсия шума изменяется в ходе экспериментов, чтобы определить предельную помехоустойчивость системы.

Для исследования влияния шума на передаваемый сигнал осуществляется сбор статистической информации. Для экспериментов выбираются несколько разовых команд, которые формируются пультом управления и осуществляется передача данных команд на блоки обработки сигналов с наложением разного уровня шумов.

Приведены результаты проведенных экспериментов и определен предельный уровень помехоустойчивости разработанной имитационной модели.

Development and research of the simulation model of the onboard control panel

Kochubey D.R.
ITMO, Saint Petersburg

The implementation of the simulation model of the on-board console in the framework of the simulated model of the spacecraft is being considered. The paper presents the developed control unit and signal processing units. The simulation of the influence of noise on information transfer

channels is being implemented. The efficiency of recognition of the distorted signal by the signal processing unit is also evaluated. The limiting noise immunity of the developed simulation model is determined.

Simulation models are implemented in the LabView development environment using the graphical programming language "G". A distinctive feature of this development environment is the visualization of the developed virtual devices.

The methods of realizing the formation, transmission and analysis of commands, called from the control panel, are described in detail; a method for simulating the effect of noise on information transfer channels is described.

A noise having a uniform distribution is additively added to the useful signal. The noise variance is changed during the experiments to determine the maximum noise immunity of the system.

To study the effect of noise on the transmitted signal, statistical information is collected. For experiments, several single commands are selected, which are generated by the control panel and transfer of these commands to signal processing units with overlapping of different noise levels.

Results of the conducted experiments are given and the limiting level of noise immunity of the developed simulation model is determined.

Simulation model, control panel, analysis of statistical information, noise, modeling.

Грозозащита летательных аппаратов

Латыпов В.А., Волосов В.В., Иванов А.В.
МАИ, г. Москва

Летательный аппарат во время грозы имеет наибольшую, вероятность подвергнутся грозовому разряду. Чаще всего это происходит во время посадки, или во время взлета ЛА, а также высока вероятность при попадании самолета в грозовой фронт. В среднем самолеты гражданской авиации подвергаются ударам молний 1 раз на 2500-3000 часов налета.

Грозовой разряд идет по пути наименьшего сопротивления, поэтому разряд молнии чаще проходит по корпусу самолета. Для защиты от электромагнитного импульса, возникающего при ударе молнии о самолет, бортовые системы экранируются. Чтобы снизить вероятность встречи с молнией на крыльях самолета вешают электростатические разрядники, с которых заряд стекает в воздушное пространство. Из-за этого корпус самолета остается нейтрально заряженным и никак не привлечет «интереса» молнии. Если она и попадает в него, то, вероятнее всего она выйдет из корпуса именно с разрядника. Удар молнии приводит к разрушению разрядника, который заменяют.

Имея информацию о местоположении и развитии грозовых разрядов воздушные суда, могут заблаговременно обходить грозоопасные районы, места повышенной опасности, могут принимать необходимые меры грозозащиты. В связи с этим проблема место определения грозовых разрядов сегодня актуальна. Сама гроза опасна турбулентными потоками, которые могут разрушить самолет. Скорость вертикальных потоков может достигать более 30 м/ сек. Кроме того, в грозовых тучах наблюдается интенсивное обледенение, плохая видимость и возможность отказа аэронавигационных приборов.

Наиболее информативным методом определения грозовой опасности является метод пассивной радиолокации. В качестве источника радиоволн используются импульсы тока молнии, которые содержат крутые фронты.

В связи с этим излучаются волны с частотой сотни Герц. Приемник, настроенный на эту частоту, устанавливается в кабине пилота.

Современные самолеты имеют хорошую защиту от грозовых разрядов. Удар молнии проходит без каких, либо отрицательных последствий. Фюзеляж современных самолетов сконструирован так, что он образует непрерывную проводящую поверхность. То есть фюзеляж является хорошим электромагнитным экраном. Ток молнии, равный сотням кА. проходящий по нему, не создает больших напряжений внутри самолета. Тем не менее,

после каждого удара молнии производится тщательный осмотр с целью устранения возможных повреждений.

Lightning protection of aircraft

Latypov V.A., Volosov V.V., Ivanov A.V.
MAI, Moscow

The aircraft during the thunderstorm is most likely to be exposed to lightning. Most often this happens during landing or during take-off of aircraft, as well as a high probability when an airplane hits a storm front. On average, civil aviation aircraft are struck by lightning 1 time for 2500-3000 flying hours.

The thunderstorm discharge follows the path of least resistance, so a lightning bolt more often passes through the body of the aircraft. To protect against the electromagnetic pulse that occurs when a lightning strikes an aircraft, the on-board systems are shielded. To reduce the likelihood of encountering lightning on the wings of an airplane, electrostatic arresters hang from which the charge flows into the airspace. Because of this, the plane's body remains neutrally charged and does not attract the "interest" of lightning. If it gets into it, then, most likely it will come out of the case from the discharger. A lightning strike results in the destruction of the arrester, which is replaced.

Having information about the location and development of lightning discharges, aircraft can advance in advance the threatened areas, places of increased danger, can take the necessary lightning protection measures. In connection with this, the problem of determining the lightning discharge is actual today. The very thunderstorm is dangerous by turbulent flows, which can destroy the aircraft. The velocity of vertical streams can reach more than 30 m / sec. In addition, in thunderstorm clouds there is intense icing, poor visibility and the possibility of failure of aeronautical instruments.

The most informative method for determining thunderstorm hazards is the method of passive radar. As a source of radio waves, lightning current pulses are used that contain steep fronts.

In this connection, waves with a frequency of hundreds of Hertz are emitted. The receiver tuned to this frequency is installed in the pilot's cabin.

Modern aircraft have good protection from lightning discharges. Lightning strikes without any negative consequences. The fuselage of modern aircraft is designed so that it forms a continuous conductive surface. That is, the fuselage is a good electromagnetic shield. Lightning current equal to hundreds kA. Passing through it, does not create large stresses inside the aircraft. However, after each lightning strike, a thorough inspection is carried out to eliminate possible damage.

Навигация и позиционирование транспортного средства по видеопотоку

Локтев М.А.
МАИ, г. Москва

В современном мире применение машинного зрения решает широкий спектр задач, и область его применения постоянно расширяется. В рамках работы затрагивается его применение в навигации беспилотного транспортного средства(ТС) по входящему видеопотоку.

Для автоматического управления ТС, необходимо решить множество задач. В рамках работы затрагиваются такие задачи, как получение траектории движения, построение облака точек внешней среды, позиционирование ТС в нем.

Для получения облака точек применяется комбинация методов, представленная в алгоритме DSO (direct sparse odometry). Из видеопотока достаётся стереопара. Сначала на первом изображении находятся так называемые особенные или ключевые точки с помощью алгоритма ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF). Получив точки на исходном изображении, применяет оптический поток по методу Лукаса-Канаде, чтобы найти смещение этих точек. Тем самым найдя сдвиг, становится возможным, основываясь на параллаксе движения, получить глубину расположения ключевых точек на изображении.

Затем происходит итеративный процесс, который позволяет построить трехмерное облако точек и траекторию пройдённого пути.

Однако существует проблема повторного позиционирования ТС в уже существующем облаке точек. Для её решения необходимо получать дескрипторы особых точек, состоящие из векторов градиентов пикселей вокруг особой точки, и разбивать облако на слои. При получении изображений в реальном времени, происходит анализ сцены изображения и сопоставления множества дескрипторов на этом изображении с ранее полученными слоями. В настоящее время ведется разработка эффективного алгоритма, способного решать эту задачу за приемлемое время.

Navigation and positioning in the video stream

Loktev M.A.
MAI, Moscow

In the modern world, the use of machine vision solves a wide range of problems, and its application scope is constantly expanding. The investigation discusses its application in the navigation of an unmanned vehicle on the incoming video stream.

It is necessary to solve a number of issues to control the vehicle automatically. The investigation also deals with such tasks as obtaining the trajectory of motion, building a cloud of points of the external environment and positioning the vehicle in it.

A combination of methods presented in the DSO (Direct sparse odometry) algorithm is used in order to obtain a cloud of points. A stereo pair is derived from the video stream. The so-called special or feature points are first identified via the algorithm ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) in the first image. Having obtained the points in the original image, the Lucas-Canada optical flow method is used to find the displacement of these points. Thus, having found the shift, it becomes possible to obtain the depth of the key points in the image drawing on the parallax of motion. Then an iterative process takes place which allows you to build a three-dimensional point cloud and the trajectory traveled.

However, there exists a problem of repositioning the vehicle in the already existing cloud of points. It is necessary to obtain the particular points consisting of the vectors of gradients of pixels around the feature point and to break the cloud layers in order to solve it. When images are received in real time, analysis of the image and comparison of a set of descriptors in this image with the previously obtained layer take place. Currently, an effective algorithm that can solve this problem in an acceptable time is being developed.

Подход к построению алгоритма контроля целостности навигационного обеспечения беспилотного летательного аппарата

Лукашова А.Е., Антонов Д.А.
МАИ, г. Москва

В настоящее время беспилотные технологии массово внедряются в различные сферы человеческой деятельности. На мировом рынке широко представлены беспилотные авиационные комплексы различного класса и назначения. По мере роста общего количества беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) актуальной становится задача их интеграции в общее воздушное пространство с пилотируемыми аппаратами. Решение этой задачи невозможно без обеспечения требуемого качества определения навигационных параметров, в том числе их точности и надежности определения параметров навигации на различных этапах полета. При этом, требуемый уровень надежности формируется, в том числе за счет обеспечения непрерывности, доступности и целостности измерений псевдодальностей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), при решении навигационной задачи, в том числе при определении высоты БПЛА.

Под целостностью понимается способность системы с требуемой вероятностью обеспечивать пользователей своевременными, в смысле заданного интервала времени с момента появления отказа, предупреждениями в случаях, когда систему нельзя

использовать для навигации из-за превышения в ее измерениях уровня ошибок выше заданного предела.

Решением проблемы может быть синтез алгоритмов контроля целостности измерений псевдодальности ГНСС на основе алгоритмов комплексной обработки информации (КОИ) датчиков и систем, входящих в состав комплекса бортового оборудования (КБО) БПЛА. В работе приводится подход к синтезу алгоритма контроля целостности на основе оптимального фильтра Калмана (ОФК) перестраиваемой структуры и порогов принятия решения об обнаружении искажения и исключении измерения псевдодальности проблемного навигационного космического аппарата (НКА) ГНСС из навигационного решения. При этом, искажение может иметь как скачкообразный, так и медленно-нарастающий характер, с неизвестным временем появления/исчезновения и неизвестной изменяющейся величиной. В работе приводятся структуры алгоритмов контроля целостности и КОИ, математические модели погрешности подсистем и подход к формированию порогов принятия решения, исходя из требований, состава измерителей, динамики БПЛА и прогноза неопределенности оценки параметров вектора состояния ОФК. Приводятся результаты имитационного моделирования алгоритма контроля целостности, подтверждающие работоспособность предлагаемого подхода и показывающие достижимый уровень точности определения навигационных параметров для выбранного типа и состава бортового оборудования БПЛА.

An approach to synthesis of integrity monitoring algorithm of unmanned aerial vehicle navigation support

Lukashova A.E., Antonov D.A.
MAI, Moscow

The solution of this problem is synthesis of the integrity monitoring algorithm of navigation measurements of GNSS based on algorithms of complex processing of information sensors and systems, which are used as parts of the airborne equipment complex. Below is written an approach to synthesis of the integrity monitoring algorithm based on optimal Kalman filter and decision-making threshold about identifying of deformation and elimination of measurement of GNSS from navigation solution. Deformations can be both abrupt and slowly increasing with unknown time of appearance and disappearance and unknown changing value. Structures of integrity monitoring algorithm and complex information processing are given. Mathematical models of subsystems accuracy are proposed. Decision-making threshold based on requirements, composition of the measuring instruments, unmanned aerial vehicle dynamics and indeterminacy prediction of evaluation of the state vector optimal Kalman filter is formed. Results of simulation modeling of integrity monitoring algorithm are also provided. Results of simulation modeling confirmed the workability approach and had shown achievable level of accuracy.

Integrity includes the ability of the system to provide timely warnings to users, when the system should not be used for navigation.

Unmanned technology are used massively in different scopes of human activity. Unmanned aviation complexes of different class and purpose are widely provided in world market. Problem of joint using unmanned aerial vehicles and civil aircraft becomes actual. The solution of this problem is improvement of reliability and accuracy. Required grade of reliability is formed from continuity, accessibility and integrity of navigation measurements of GNSS, when navigation objective is decided.

Тензометрический прибор для измерения усилия подачи в ходе процесса сверления печатных плат

Маунг З.М.
МАИ, г. Москва

Для измерения осевого усилия подачи было разработано специальное устройство и проведена серия экспериментов по определению зависимости величины осевого усилия подачи от числа просверленных отверстий. Для разработки устройства выбран

инструментальный усилитель INA125. Наиболее важным является пункт о использовании униполярного питания, так как у многих инструментальных усилителей, такая возможность отсутствует.

Схема с униполярным включением, которая предназначена для эффективного взаимодействия с Мостом Уитстона и тензодатчиками. Также для корректной работы схемы необходимо задать значение резистору RG, который обеспечит необходимый коэффициент усиления. В зависимости от тензодатчика следует подбирать определенный номинал резистора. В нашем случае оптимальным коэффициентом будет G=1000. Коэффициент вычисляется по формуле. После анализа проблемы низкого сигнала получаемого с тензодатчиков, принято решение использовать инструментальный усилитель INA125 с униполярной схемой включения, с коэффициентом усиления G=1000. В качестве микросхемы преобразователя USB-UART чаще всего используется FT232RL.

Микросхема FT232RL является высокоинтегрированным переходником USB - UART позволяющая, используя минимум внешних компонентов (разъем и пассивные компоненты) организовать последовательный обмен данными между внешним устройством на микроконтроллере и компьютером через шину USB. Микросхема может работать в режиме последовательного обмена и в режиме Bit-bang.

Тензометрический прибор имеет прямоугольную форму размером 230x170 мм. Для уменьшения погрешности получаемых данных по углам стола расположены 4 тензодатчика соединенных попарно по мостовой схеме с операционными усилителями. Сигналы после усиления обрабатываются с помощью измерительно-вычислительного комплекса (Arduino Mega 2560) и передаются на персональный компьютер. Измерение усилия производится со скоростью 100 отсчетов в секунду. Такая частота снятия отсчетов позволяет анализировать изменения усилия подачи в течение сверления одного отверстия, что дает возможность оценивать, в том числе, изменение усилия при прохождении медной фольги, эпоксидной смолы и стекловолокна.

Выводы по работе:

• Разработанное устройство получения и обработки сигналов тензодатчиков позволяет получать экспериментальные данные об изменениях усилия осевой подачи при сверлении от числа просверленных отверстий.

Strain gauge for measuring the feed force during the PCB drilling process

Maung Z.M.
MAI, Moscow

To measure the axial feed force, a special device was developed and a series of experiments was carried out to determine the dependence of the axial feed force on the number of drilled holes. INA125 instrumental amplifier was chosen for the development of the device. The most important point is the use of unipolar power supply, but in many instrumental amplifiers, this is not possible.

Unipolar inclusion scheme, which is designed for effective interaction with the Wheatstone Bridge and load cells. Also, for the correct operation of the circuit, it is necessary to set the value of the resistor RG, which will provide the necessary gain. Depending on the load cell should select a certain value of the resistor. In our case, the optimal coefficient is G=1000. The coefficient is calculated by the formula. After analyzing the problem of low signal received from load cells, it was decided to use INA125 instrumentation amplifier with unipolar switching circuit, with gain G=1000. As a chip Converter USB-UART is most often used FT232RL.

FT232RL chip is a highly integrated USB - UART adapter that allows using a minimum of external components (connector and passive components) to organize a serial data exchange between an external device on the microcontroller and a computer via the USB bus. The chip can operate in serial exchange mode and Bit-bang mode.

The tensometric device has a rectangular shape with a size of 230x170 mm. To reduce the error of the data obtained at the corners of the table, there are 4 strain gauges connected in pairs by a bridge circuit with operational amplifiers. Signals after amplification are processed by

measuring and computing complex (Arduino Mega 2560) and transmitted to a personal computer. Force measurement is performed at a rate of 100 counts per second. This frequency of sampling allows to analyze changes in the feed force during drilling of one hole, which makes it possible to evaluate, including the change in force during the passage of copper foil, epoxy resin and fiberglass.

Conclusions on the work:

• The developed device for receiving and processing signals of load cells allows to obtain experimental data on changes in the axial feed force during drilling from the number of drilled holes.

Система определения точности позиционирования робота по видеопотоку

Мевис Ф.А.
МАИ, г. Москва

Использование систем позиционирования объектов - одно из актуальных направлений совершенствования технологических процессов в самых различных областях автоматизации деятельности человека. Следовательно, существует большая потребность в определении точности систем позиционирования. Одной из важных задач является выделение объекта в видеопотоке. С этой задачей связаны задачи слежения за объектом, сопоставления изображения с базой данных, поиск дубликатов изображений. Поэтому работа, посвященная данной теме, является актуальной и имеет большое практическое значение.

Объектом исследования в данной работе выбраны прецизионные системы позиционирования по видеоизображениям.

Можно выделить основные проблемы для этих систем робота:

1. Изменение яркости. Яркость изображения может меняться в пространстве и в течение времени: некоторые части объекта могут быть ярче других; яркие объекты на текущем изображении могут стать темными на следующем.

2. Масштабируемость объекта. Объект может приближаться и отдаляться от камеры.

3. Повороты объекта. Объект может относительно камеры поворачиваться по всем трем осям трехмерного пространства.

4. Шум на изображении. Например, некорректную работу фото (видео) камеры.

5. Оптические искажения при работе стереопары, например эффекта дисторсии (эффекта рыбьего глаза и обратного ему).

6. Погрешности при работе стереопары: при уменьшении дистанции погрешность будет снижаться, но также будет увеличиваться погрешность, вызванная отклонением от параллельности оптических осей камер стереопары. Также нельзя бесконечно увеличивать расстояние между левой и правой камерой стереопары, так как объект может не войти в угол обзора камер, потому что при увеличении фокусного расстояния уменьшается угол обзора.

Пути решения проблем:

1. Для решения проблем с изменением яркости можно подобрать правильное освещение.

2. Для устранения дисторсии на изображениях в видеопотоке можно применить преобразование всех прямых линий наблюдаемых объектов окружающего мира к прямым линиями на изображении. Реализовать это возможно при помощи библиотечных функций OpenCV init Undistort Rectify Map и remap.

3. Для устранения искажений вызванных не абсолютной параллельности оптических осей камер стереопары и тем самым уменьшением погрешности, может быть применена механическая юстировка при помощи микрометрических винтов, в перспективе при помощи следящих приводов.

The positioning accuracy determination system of the robot by a video stream

Mevis F.A.
MAI, Moscow

Objects positioning systems use is one of the relevant improvement directions of technological processes in the most various areas of the person activity automation. Therefore, there is a big need for systems of positioning accuracy determination. One of important tasks is an object allocation in a video stream. An object tracking Problems, the image comparisons to the database, images duplicates search are connected with this task. Therefore, the work devoted to this subject is relevant and has great practical value. In this work precision are chosen as a research object the systems of positioning according to video images.

It is possible to allocate the main problems for these systems of the robot:

1. Brightness change. The image Brightness can change in space and during time: some parts of an object can be brighter than others; bright objects on the current image can become dark on the following.

2. An object scalability. An object can come nearer and move away from the camera.

3. An object turns. An object can turn concerning the camera on all three axes of three-dimensional space.

4. Noise on the image. For example, incorrect work of a photo (video) camera.

5. Optical distortions during the a stereo pair work, for example effect of a distortion (effect of a fish eye and the return to him).

6. Errors during the stereo pair work: at the distance reduction the error will decrease, but also the error caused by a deviation from parallelism of a stereo pair cameras optical axes will increase. Also it is impossible to increase infinitely distance between the left and right camera of a stereo pair as an object can not enter the viewing angle of cameras because at increase in focal length a viewing angle decreases.

Solutions of problems:

1. For the solution of problems with brightness change it is possible to pick up the correct lighting.

2. To a distortion elimination on images in a video stream it is possible to apply all observed objects transformation straight lines of the world around to straight lines by lines on the image. It is possible to realize it by means of the library OpenCV init Undistort Rectify Map functions and remap.

3. For a optical distortions stereo pair cameras axes elimination caused not absolute parallelism and by that reduction of an error, the mechanical adjustment by means of micrometric screws, in the long term by means of the watching drives can be applied.

Расчет автономных систем энергообеспечения на базе фотоэлектрических установок на территории республики Мьянма

Мин М.Т.
МАИ, г. Москва

На автономных объектах наземных систем обеспечения полетов, расположенных в труднодоступных районах республики Союза Мьянма, нет возможности гарантированно бесперебойно получать электроэнергию и нередко возникает дефицит электроснабжения, как результат недостатка топлива для дизель-генераторов (ДЭУ) или аварий на линиях электропередачи. Последствия этого проявляются в нарушении надежности работы объектов телекоммуникаций для таких систем, что является недопустимым.

На основании анализа нагрузки объекта потребления электрической энергии и ресурсов солнечного излучения в месте расположения данного объекта можно определить состав и схему автономной энергетической установки.

В процессе расчета параметров электростанции необходимо оптимизировать параметры ориентации батарей фотоэлектрических преобразователей, определить из условий достаточности площадь фотоэлектрических преобразователей и емкость

аккумуляторных батарей с учетом графика нагрузки и поступления энергии солнечного излучения.

Расчет параметров энергетической установки на базе солнечных батарей начинаем с выбора инвертора на основании номинальной и пиковой мощностей нагрузки, сигнала на выходе, возможности масштабирования и ряда других параметров.

Далее учетом количества “дней без солнца”, глубины разряда и температуры окружающей среды выбираем модель и количество аккумуляторных батарей.

Затем на основании ресурсов солнечной радиации в месте расположения фотоэлектрической установки и нагрузки объекта потребления определяется тип и количество солнечных модулей и следовательно, общая площадь солнечных панелей.

Выбор контроллеров проводится с учетом значений входного напряжения, суммарной мощности солнечной энергии, характера подключаемой нагрузки.

Для увеличения выработки солнечных панелей нужно максимально защитить их от затенения, для чего рассчитывается величина минимального расстояния между их рядами.

Выбор оптимальной схемы энергоснабжения осуществляется по критерию минимума суммарных дисконтированных затрат за расчетный период (20 лет). Проведенный экономический расчет энергетической установки на базе выбранных компонентов для энергоснабжения базовой станции спутниковой связи, расположенной в окрестностях Ситуэ показал эффективность электроснабжения объекта с помощью фотоэлектрической установки по сравнению с использованием ДЭУ.

Calculation of autonomous power supply systems based on photovoltaic installations on the territory of the Republic of the Union of Myanmar

Thaw M.T.
MAI, Moscow

On autonomous objects of ground flight systems located in remote areas of the republic of the Union of Myanmar, there is no possibility of uninterruptedly receiving electricity and often there is a shortage of electricity, as a result of a shortage of fuel for diesel generators (DPP) or accidents on power lines. The consequences of this are manifested in the violation of the reliability of telecommunications objects for such systems, which is unacceptable.

Based on the analysis of the load of the object of consumption of electric energy and solar radiation resources in the location of this object, it is possible to determine the composition and scheme of an Autonomous power plant.

The calculation of the parameters of the power plant based on solar panels begins with the choice of the inverter based on the nominal and peak load capacity, the output signal, the possibility of scaling and a number of other parameters.

Then the depth of discharge and the temperature of environment, we choose the model and the number of storage batteries.

Then, based on the resources of solar radiation at the location of the photovoltaic plant and the load of the object of consumption, the type and number of solar modules are determined and consequently, the total area of solar panels.

The choice of controllers is carried out taking into account the values of the input voltage, the total power of solar energy, the nature of the connected load.

The choice of the optimal scheme of power supply is carried out by the criterion of the minimum total discounted costs for the calculation period (20 years). The economic calculation of the power plant on the basis of the selected components for power supply of the satellite communication base station located in the vicinity of Sittwe showed the efficiency of power supply of the object using a photovoltaic plant compared to the use of DPP.

Разработка алгоритмов построения компьютерной томографии печатных плат

Минасян В.Б.
МАИ, г. Москва

Основной проблемой при обнаружении дефектов являются скрытые дефекты в паяных соединениях (микротрещины, пузырьки воздуха, ненадежный контакт скрытых выводов компонентов BGA и т.п.), которые проявляются в процессе эксплуатации электронных узлов. Заранее их можно обнаружить на оборудовании, использующем рентгеновские лучи.

При этом возникают проблемы:

1. Получаемые при этом изображения обладают малой контрастностью
2. Изображения имеют разного рода искажения, обусловленные конструктивными особенностями рентгеновской установки
3. Малая глубина резкости детектора
4. Нестандартный формат получаемых изображений
5. Обнаружение дефектов не выполняется автоматически

Использование метода 3D наклонной компьютерной томографии, позволяет получить высококачественные снимки, по которым можно составить подробную трехмерную модель платы, и искать дефекты уже на ней.

Недостатком данного метода является сложность составления данной трехмерной модели по наклонным снимкам, при этом, даже при составлении относительно простой поворотной томографии возникают проблемы.

Для восстановления изображения по проекциям, предполагается использование параллельно-лучевых проекций, вследствие чего, как правило, возникает необходимость конвертации веерно-лучевых проекций, получаемых с рентгеновского оборудования ввиду использования в них точечного источника излучения.

Используя обратное преобразование Радона на полученных параллельно-лучевых проекциях можно строить трехмерные модели объекта. При этом на качество получаемой модели влияет не только качество преобразования проекций, но и параметры самого преобразования Радона, а также метод интерполяции и способ подавления шумов.

Подавление шумов на рентгеновских снимках, как правило, заключается в использовании фильтра Рама-Лака или его модификаций, которые вполне эффективны при работе с одиночными двумерными изображениями, но не пригодны в случае работы с трехмерными моделями. В связи с этим, необходимо использовать гибкий фильтр шумов, который должен работать в связке с системой технического зрения, для автоматического обнаружения спектров точек интереса и шумов, либо в ручном режиме под управлением оператора.

Литература:

1. Доля П.Г. Харьковский Национальный Университет механико-математический факультет 2012 г. Математические методы компьютерной томографии.
2. Jen Beatty (2012), The Radon Transform and the Mathematics of Medical Imaging.
3. Toft, P. A., & Sørensen, J. A.(1996), The Radon Transform - Theory and Implementation.

Development of algorithms for constructing computed tomography of circuit boards

Minasyan V.B.
MAI, Moscow

The main problem in detecting defects is hidden defects in solder joints (microcracks, air bubbles, unreliable contact of hidden terminals of components in BGA housings, etc.), which appear during the operation of electronic components. In advance they can be found on equipment using x-rays.

This causes problems:

1. The resulting images have low contrast
2. They have all sorts of image distortions caused by the design features of the x-ray installation

3. Shallow depth of field of the detector
4. Non-standard format of the received images
5. Defects are not detected automatically

Using the method of 3D oblique computed tomography, allows you to get high-quality images, which can be a detailed three-dimensional model of the Board, and look for defects already on it.

The disadvantage of this method is the complexity of the preparation of this three-dimensional model on inclined images, thus, even in the preparation of a relatively simple rotary tomography problems arise.

To reconstruct the image by projections, it is assumed to use parallel-beam projections, due to the use of a point source of x-rays in equipment, there is a need to convert fan-beam projections into parallel-beam.

Using the inverse Radon transform obtained on parallel-beam projections, it is possible to construct three-dimensional models of the object. The quality of the resulting model is influenced not only by the quality of the projection transformation, but also by the parameters of the Radon transformation itself, as well as by the interpolation method and the method of noise suppression.

Noise reduction in x-ray images, is to use a Ram-Lak filter or its modifications, which are quite effective when working with single two-dimensional images, but are not suitable in the case of three-dimensional models. In this regard, it is necessary to use a flexible noise filter, which should work in conjunction with the vision system, to automatically detect spectra of points of interest and noise, or in manual mode under the control of the operator.

References:

1. P Share.Kharkov national University faculty of mechanics and mathematics, 2012. Mathematical methods of computed tomography.
2. Jen Beatty (2012), The Radon Transform and the Mathematics of Medical Imaging
3. Toft, P. A., & Sørensen, J. A.(1996), The Radon Transform - Theory and Implementation

Управление одноосным колёсным модулем с горизонтируемой двухстепенной платформой, перемещающимся по горизонтальной подстилающей поверхности с проскальзыванием

Михеев В.В., Черноморский А.И., Петрухин В.А.
МАИ, г. Москва

Одноосные колесные модули (ОКМ) как носители аппаратуры мониторинга используются при решении целого ряда задач, в частности задач мониторинга аэродромной инфраструктуры. Одним из перспективных направлений создания ОКМ является разработка модулей, в которых носимая платформа с аппаратурой имеет две степени свободы относительно оси колесной пары. В таком ОКМ могут быть обеспечены высокая траекторная мобильность и высокоточное управление угловой ориентацией платформы относительно плоскости горизонта, что необходимо для эффективного мониторинга.

Разработана конструкция ОКМ с двухстепенной платформой. Такой ОКМ фактически представляет собой наземный колесный двухосный индикаторный гироскопический стабилизатор с маховиками в качестве силовых исполнительных элементов горизонтирования и стабилизации платформы. Построена математическая модель его движения по подстилающей поверхности. Осуществлен синтез управлений угловым положением платформы относительно плоскости горизонта и управлений колесной парой в процессе движения ОКМ по заданной траектории на подстилающей поверхности. Определены аппаратные решения и программно-алгоритмическое обеспечение соответствующих систем управления.

Определены каналы воздействия эффекта продольного и поперечного кратковременных проскальзываний колес ОКМ на динамику процессов управления угловым положением его платформы и движения его по заданной траектории. Предложено определять изменение скоростей вращения колес при продольном

проскальзывании и величину скорости бокового проскальзывания по информации от установленного на платформе инерциального измерительного блока, содержащего триады акселерометров и датчиков угловых скоростей. Разработаны алгоритмы коррекции управлений угловым положением платформы и управлений колесной парой с целью уменьшения влияния кратковременных проскальзываний на точность стабилизации платформы ОКМ в плоскости горизонта и точность его следования по заданной траектории на подстилающей поверхности. Моделирование процессов управления модулем с параметрами макетного варианта ОКМ при наличии кратковременных проскальзываний подтвердило эффективность предложенных технических решений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Договор №17-08-00928\17).

Control of the one-axis wheel module with two-axis platform stabilizing in the horizontal plane moving along a horizontal underlying surface with slippage

Mikheev V.V., Chernomorsky A.I., Petrukhin V.A.
MAI, Moscow

One-axis wheel modules (OWM) as carriers of monitoring equipment are using to solve a number of tasks, in particular, tasks of monitoring the airfield infrastructure. One of the promising directions for the creation of OWM is the development of modules in which a portable platform with equipment has two degrees of freedom relative to the axis of the wheel pair. Such OWM provides high path mobility and high-precision control of the angular orientation of the platform relative to the horizon plane, which is necessary for effective monitoring.

The design of the OWM with a two-stage platform is developed. Such an OWM is actually a ground-wheeled two-axis indicator gyroscopic stabilizer with flywheels as power actuators for leveling and stabilizing the platform. A mathematical model of its motion along the underlying surface is constructed. The synthesis of the controls by the angular position of the platform relative to the plane of the horizon and the control of the wheel pair during the motion of the OWM along a given trajectory on the underlying surface is realized. The hardware solutions and software-algorithmic support of the corresponding control systems are determined.

The channels for the effect of the longitudinal and lateral short-term slip of the OWM wheels on the dynamics of the control processes of the angular position of its platform and its motion along a given trajectory are determined. It is proposed to determine the change in the speeds of wheel rotation during longitudinal slip and the value of the lateral slip speed according to information from the inertial measuring block installed on the platform containing triads of accelerometers and angular velocity sensors. Algorithms for correcting the controls for the angular position of the platform and wheel pair controls have been developed to reduce the effect of short-term slippage on the accuracy of the OWM platform stabilization in the horizon plane and the accuracy of its follow-up along a given trajectory on the underlying surface. Simulation of control processes of the module with parameters of the prototype model of OWM in the presence of short-term slippage confirmed the effectiveness of the proposed technical solutions.

This work was supported by the RFBR (Agreement No. 17-08-00928\17).

Анализ характеристик микро-опто-электрическо-механического компенсационного преобразователя ускорения на основе оптического туннельного эффекта

Нгуен В.В., Бусурин В.И., Коробков К.А.
МАИ, г. Москва

В работе проводится исследование характеристик одноосевого МОЭМ-преобразователя ускорения с использованием ЧЭ балочного типа, в котором для съема информации об ускорении используется преобразователь микроперемещений на основе оптического туннельного эффекта (ОТЭ) [1].

Разработана дифференциальная структурная схема МОЭМ-преобразователя ускорения. Проведен анализ влияния конструктивных параметров ЧЭ, Э и параметров оптического узла (ОУ) на характеристики преобразователя. Получена квазилинейная

зависимость выходного сигнала Uвых от измеряемого ускорения: Uвых(а)= kПа, где kП – коэффициент преобразования.

Проведено сравнение характеристик МОЭМ-преобразователя ускорения с цепью электростатической ОС с МОЭМ-преобразователем ускорения без цепи ОС.

Проведено моделирование переходного процесса МОЭМ-преобразователя ускорения с цепью ОС на основе ОТЭ с выбранными параметрами функциональных звеньев: фотоприемника, преобразователя «ток-напряжение», усилителя и т. д. Проведен анализ влияния конструктивных параметров ЧЭ, Э, параметров ОУ и параметров функциональных звеньев на переходный процесс МОЭМ-преобразователя ускорения с цепью ОС на основе ОТЭ.

МОЭМ-преобразователь ускорения с цепью ОС на основе ОТЭ имеет квазилинейную функцию преобразования и может быть использован в бесплатформенных инерциальных навигационных системах при разработке систем управления летательных аппаратов.

Литература:

1. Бусурин В. И., Наинг Ту Лвин., Бердюгин Н. А., Ахламов П. С. Исследование преобразователя ускорения на основе оптического туннельного эффекта // Труды МАИ, 2014, № 72.

Analysis of the characteristics of the micro-opto-electrical-mechanical compensatory acceleration's transformer based on the optical tunnel effect

Nguyen V.V., Busurin V.I., Korobkov K.A.
MAI, Moscow

In the article, a study in characteristics of a single-axis MOEM acceleration’s transformer using a beam type of sensing element, in which a micro-displacement transformer, based on the optical tunneling effect (OTE) is used for picking up information about acceleration, is carried out

A differential block diagram of the MOEM acceleration’s transformer has been developed. The influence of constructive parameters of sensing element, electrode and parameters of the optical unit (OU) on the characteristics of the converter is analyzed. The quasi-linear dependence of the output signal Uout on the measured acceleration is obtained: Uout (a) = kpa, where kp is the transformation ‘s coefficient.

A comparison in the characteristics of the MOEM acceleration’s transformer (with the chain of electrostatic OC) with the MOEM acceleration’s transformer without an OC chain is carried out.

Modeling the transient process of the MOEM acceleration’s transformer with a chain of feedback based on the optical tunneling effect with the selected parameters of the functional units: an optical receiver, a current-voltage transformer, an amplifier, etc. An analysis about the effect of the structural parameters of the sensing element, electrode, feedback’s parameters and parameters of functional links on the transient process of the MOEM acceleration’s transformer with a chain sensing element based on the optical tunneling effect (OTE).

The MOEM acceleration’s transformer with a chain of sensing element based on the optical tunneling effect (OTE) has a quasi-linear transformation’s function and can be used in inertial-free navigation systems in the development of aircraft control systems.

References:

1. Busurin V.I., Naing Tu Lvin., Berdyugin N.A., Akhlamov P.S. Investigation of an acceleration converter based on the optical tunnel effect // Trudy MAI [Works MAI], 2014, No. 72.

Субоптимальное управление детерминированных систем автоматного типа при неточных дискретных измерениях

Немыченков Г.И.
МАИ, г. Москва

Рассматривается задача оптимального управления детерминированными дискретными стационарными системами автоматного типа в условиях параметрической неопределенности. Изменение состояния (переключение) системы описывается рекуррентным уравнением. Моменты переключений, а также их количество заранее не заданы. Они находятся в результате оптимизации. Начальное состояние системы точно неизвестно, поэтому ставится задача поиска оптимального в среднем управления пучками траекторий. Предполагается, что в процессе движения производится дискретные неточные измерения. Эти измерения учитываются путем пересечения «измеренного» множества с множеством возможных состояний.

Субоптимальное управление строится на принципе расширения, т.е. для управления пучком применяется оптимальное программное управление одной специальным образом выбранной траекторией пучка.

Разработаны алгоритмы синтеза субоптимального управления. Приведены академические примеры оптимального в среднем управления пучками траекторий систем автоматного типа. Разработан программный комплекс синтеза субоптимального управления детерминированными САТ в условиях параметрической неопределенности [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-08-00128-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортаковский А.С., Немыченков Г.И. Субоптимальное управление пучками траекторий детерминированных стационарных систем автоматного типа. // Известия РАН. Теория и системы управления, 2017, № 6, с. 20-34.

2. Бортаковский А.С., Немыченков Г.И. Субоптимальное управление детерминированными стационарными системами автоматного типа в условиях параметрической неопределенности // Федеральная служба по интеллект. собственности. Св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018616558. 2018.

Suboptimal control of deterministic automata-based systems at inaccurate discrete measurements

Nemychenkov G.I.
MAI, Moscow

The problem of optimal control of deterministic discrete stationary automata-type systems under parametric uncertainty is considered. Changing the state (switching) of the system is described by a recurrent equation. Switching moments, as well as their number are not set in advance. They are the result of optimization. The initial state of the system is not known exactly, so the problem of finding the optimal control over the beams of trajectories is posed. It is assumed that in the process of motion produced discrete inaccurate measurements. These measurements are taken into account by crossing the "measured" set with the set of possible States.

Suboptimal control is based on the principle of expansion, i.e. optimal program control of one specially selected beam path is used to control the beam.

Algorithms of suboptimal control synthesis are developed. Given the academic examples of the optimal controls of pensile of trajectories of systems of the automatic type. A software package for the synthesis of suboptimal control of deterministic CAT under parametric uncertainty has been developed [2].

The work was supported by RFBR grant 18-08-00128-a.

LITERATURE

1. Bortakovskiy A. S., Nemychenkov G. I. Suboptimal control of pensile of trajectories of deterministic stationary system of automatic type. // News wounds. Theory and control systems, 2017, no. 6, pp. 20-34.

2. Bortakovskiy A. S., Nemychenkov G. I. Suboptimal control deterministic stationary automatic systems of the type under parametric uncertainty // the Federal service for intelligence. properties. SV-in about GOS. registration of program for computer № 2018616558. 2018.

Оценка деформации печатной платы на этапе технологической операции травления

Никитин С.А., Поздняков К.Е., Хомутская О.В.
МАИ, г. Москва

Современные тенденции развития в области электроники ведут к постоянной миниатюризации, следствием чего является постоянное уменьшение основных параметров многослойных печатных плат (МПП) и увеличение количества слоев, что приводит к необходимости изготовления печатных плат (ПП) высокого класса точности. При изготовлении такого вида ПП возникает проблема деформации, проявляющаяся в виде коробления и скручивания, что создает серьезные проблемы при сборке и монтаже печатных узлов [1].

Для обеспечения возможности быстрого производства качественных печатных плат необходимо уметь оценивать геометрическую стабильность базового материала после определённых технологических операций, а также использовать полученную оценку при подготовке производства МПП [2]. Одна из таких операций — травление ПП, при котором диэлектрическое основание усаживается, так как при вытравливании рисунка освобождаются напряжения пряжи стеклоткани, зафиксированной фольгой что напрямую сказывается на размерной стабильности слоев МПП [3]. В дальнейшем указанная проблема оказывает значительное влияние на следующую операцию — прессование материалов с целью получения точной многослойной структуры ПП.

Предлагается оценить деформацию ПП на этапах травления и прессования, оценивая различную заполненность пустот медью, разное направление проводящего рисунка на слоях ПП относительно друг друга и относительно переплетения нитей диэлектрика.

Работа позволит выявить зависимости между рисунком, направлением нити основы и утка, термостабилизацией, толщиной заготовки, процентом меди и ее толщиной, что дает возможность моделирования деформации с учетом физических характеристик материалов и параметров ТПП.

Литература:

1. Медведев А. М., Можаров В. А. Размерная стабильность слоев прецизионных многослойных печатных плат // Печатный монтаж (приложение к журналу «Электроника. НТБ»). 2011. № 4. С. 140–147.

2. Можаров В. А., Шуман К. В. Адаптация технического процесса подготовки производства печатных плат высокого класса точности под заданные параметры геометрической стабильности базового материала // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 50. 2012.

3. Медведев А., Мылов Г. Печатные платы. Причины коробления // Технологии в электронной промышленности №2. 2012.

Evaluation of the deformation of the PCB at the stage of the technological etching operation

Nikitin S.A., Pozdnyakov K.Y., Khomutskaya O.V.
MAI, Moscow

The modern trends in the development of electronics lead to a constant miniaturization, which results in a permanent decrease in the basic parameters of multi-layer printed circuit boards (MPCBs) and an increase in the number of layers, which leads to the need for high-precision PCBs. In the manufacture of this type of PCB, the problem of deformation arises, manifested in the form of warping and twisting, which creates serious problems in assembling and assembling the printed units [1].

To ensure the possibility of rapid production of high-quality printed circuit boards, it is necessary to be able to evaluate the geometric stability of the base material after certain technological operations, and also to use the obtained estimate in preparing the production of MPCBs [2]. One of these operations is etching of PCB, at which the dielectric base shrinks, as when the pattern is etched, the stresses of the fiber glass yarn fixed by the foil are released, which directly affects the dimensional stability of the MPCBs layers [3]. In the future, this problem has a significant impact on the next operation - pressing materials in order to obtain an accurate multilayer structure of PCB.

It is proposed to estimate the deformation of PCB at the etching and pressing stages, estimating the different filling of voids with copper, the different direction of the conductive pattern on the layers of PCB relative to each other and with respect to the interlacing of the dielectric filaments.

The work will reveal the relationships between the pattern, the direction of the warp and weft threads, the heat stabilization, the thickness of the workpiece, the percentage of copper and its thickness, which makes it possible to model the deformation taking into account the physical characteristics of the materials and the parameters of the CCI.

References:

1. Medvedev A. M., Mozharov V. A. Dimensional stability of layers of precision multi-layer printed circuit boards // Printed installation (attachment to the magazine "Electronics. NTB"). 2011. № 4. P. 140-147.

2. Mozharov V. A., Shuman K. V. Adaptation the technical process of preparation of production of printed circuit boards of high accuracy class under given parameters of geometrical stability of the base material // Electronic Journal "Proceedings of the MAI". Issue No. 50. 2012.

3. Medvedev A., Mylov G. Printed circuit boards. The causes of warping // Technology in the electronics industry number 2. 2012.

К вопросу выбора системы навигации по геофизическим полям Земли для высокоточных летательных аппаратов

[1]Никулин С.А., [2]Фомиряков В.В., [2]Мустюков П.Е.

[1]МАИ, г. Москва; [2]4 ЦНИИ МО РФ, г. Королёв

Совершенствование комплекса командных приборов (ККП) системы управления в части их миниатюризации, уменьшения массы, габаритов и энергопотребления привело к использованию бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС).

Однако использование БИНС в ККП для высокоточных летательных аппаратов (ЛА) с большими дальностями полета становится неприемлемым в силу накопления ошибок гироскопических приборов и ошибок двойного интегрирования показаний акселерометров.

Для устранения этого существенного недостатка и обеспечения высокой точности выведения предлагается использовать системы навигации по геофизическим полям Земли.

Проведен сравнительный анализ различных систем навигации по геофизическим полям Земли. Показаны их преимущества и недостатки. Сделаны выводы о целесообразном выборе системы наиболее пригодной для навигации высокоточных ЛА. В качестве таковой предлагается разрабатывать и использовать магнитоинерциальные системы с навигацией по картам аномального магнитного поля Земли. Это так называемые корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС). В системе производится комплексирование приборов (БИНС и магнитометр), работающих на различных физических принципах. В КЭНС осуществляется непрерывная или дискретная (при выходе на эталонный участок местности) коррекция показаний инерциальной системы по координатам и ориентации ЛА. Проведенный анализ систем позволяет сделать вывод, что для глобальной навигации (во всех районах Земного шара, над сушей и акваториями, в любое время суток и года, в любых метеорологических условиях) наиболее пригодно геомагнитное поле Земли.

Choice navigation system on Earth geophysical fields for precision missiles

[1]Nikulin S.A., [2]Fomiryakov V.V., [2]Mustyukov P.Y.
[1]MAI, Moscow; [2]«4 CSRI » Russia Defence Ministry, Korolev

Perfection of the complex of command instruments (CCP) of the control system in terms of their miniaturization, reduction of mass, dimensions and power consumption led to the use of inertial inertial navigation systems (BINS).

However, the use of the BINS in the PSC for high-precision aircraft with long flight distances becomes unacceptable due to the accumulation of errors in gyroscopic instruments and errors in the double integration of the accelerometer readings.

To eliminate this significant shortcoming and to ensure high accuracy of excavation, it is proposed to use navigation systems for geophysical fields of the Earth.

A comparative analysis of various navigation systems on the geophysical fields of the Earth is carried out. Their advantages and disadvantages are shown. Conclusions are made about the expedient choice of the system most suitable for navigating high-precision aircraft. As such, it is proposed to develop and use magnetoinertial systems with navigation through maps of the anomalous magnetic field of the Earth. These are the so-called correlation-extreme navigation systems (KENS). The system integrates devices (BINS and magnetometer) operating on various physical principles. In KENS there is a continuous or discrete (when entering the reference site of the terrain) correction of the indications of the inertial system with respect to the coordinates and orientation of the aircraft. The analysis of the systems allows us to conclude that the geomagnetic field of the Earth is most suitable for global navigation (in all regions of the globe, over land and water areas, at any time of the day and year, in any meteorological conditions).

Разработка и внедрение программного комплекса организации полного цикла документооборота научных конференций аэрокосмической отрасли

Новиков А.Ю., Кейно П.П., Кузнецов П.М.
МАИ, г. Москва

Специфика работы конференций аэрокосмической отрасли подразумевает прием тезисов докладов участников как от ВУЗов, так и от внешних предприятий. Для автоматизации данного процесса был применен программный комплекс «Лаборатория конференций».

Заявки могут быть поданы на ограниченное количество направлений, каждое из которых может иметь определенный набор свойств, таких как: даты начала приема, завершения приема и обновления заявок. Направления наглядно представлены в виде разделов, по которым формируется статистика.

Для сокращения времени, требуемого участнику на подачу заявки, был задействован профиль ConfID. Если участник ранее уже участвовал в конференциях на данной платформе, то для участия достаточно нажать на кнопку войти, его данные импортируются на конференцию. В случае отсутствия аккаунта, необходимо зарегистрироваться, заполнив профиль пользователя.

Важной особенностью конференций аэрокосмической отрасли является корректная обработка информации об организации, которую представляет участник. В ходе проведенного исследования был определен список основных предприятий. Для исключения неточностей ввод данных должен сопровождаться списком предлагаемых вариантов, которые можно выбрать при наборе в текстовом поле. Необходимость унификации данных актуальна не только для корректной статистики заявок, но и для автоматического формирования сборника тезисов.

Системный подход в организации комплекса автоматизации документооборота научных конференций заключается в реализации полного жизненного цикла заявки, начиная от регистрации и заканчивая генерацией выходных документов и отчетов. При наличии соавторов так же возникает необходимость учитывать организацию для формирования соответствующего вида строки в сборнике докладов.

Комплексные методы и инструменты автоматического развёртывания программного комплекса позволили упростить задачи организации электронного документооборота заявок, генерации сборника тезисов для администраторов, а также снизить количество времени, расходуемое на рецензирование заявок, по сравнению с традиционным способом посредством электронной почты. Разработанный программный комплекс был успешно внедрен на трёх конференциях аэрокосмической отрасли, где был отмечен рост количества участников.

Development and implementation of a software for the organization of a complete workflow cycle of scientific conferences in the aerospace industry

Novikov A.Y., Keyno P.P., Kuznetsov P.M.
MAI, Moscow

The specificity of the work of the aerospace industry conferences implies the reception of abstracts of participants' reports from both universities and external enterprises. To automate this process, the “Conference Laboratory” software was applied.

Applications can be submitted for a limited number of directions, that have a specific set of properties, such as: acceptance start date, acceptance end date and update of applications date. Directions are clearly presented in the form of sections. Output statistics are generated grouped by sections.

To reduce the time required for the participant to submit an application, ConfID profile was used. If a participant has already taken part in conferences on this platform, he can just click on enter button and his data will be imported to the conference. If a participant hasn’t got an account, he must register by filling out a user profile form.

An important feature of the aerospace industry conferences is the correct processing of information about participant’s organization. In the course of the study a list of major enterprises was respectively determined. To eliminate inaccuracies, data entry should be accompanied by a list of proposed options that can be selected while user start typing in the text box. The need for data unification is relevant not only for the correct statistics of applications, but also for the automatic generation of a theses digest.

A systematic approach to the organization of the automation system for the circulation of scientific conferences is to implement the full life cycle of an application, starting from registration and ending with the generation of output documents such as reports and digest.

In the presence of co-authors, it also becomes necessary to take into account the organization for the formation of the appropriate type of line in the collection of reports.

Comprehensive methods and tools for automatic deployment of software package made possible to simplify the tasks of organizing electronic document flow of applications, generating a collection of abstracts in a book for administrators, as well as reducing the amount of time spent on reviewing applications, in comparison to the traditional way via e-mail. The developed software was successfully implemented at three conferences of the aerospace industry, where an increase in the number of participants was noted in comparison with past years of organizing such conferences.

Программный комплекс для моделирования профилей лопаток летательных аппаратов

Нода И.Д.
МАИ, г. Москва

В современном авиастроении при конструировании самолета возникает задача моделирования профилей лопаток для двигателей летательного аппарата. При решении данной задачи появляется сложность определения типа лопатки и ее геометрических характеристик.

В данной работе рассматривается задача разработки программного комплекса, способного решить проблему моделирования геометрических профилей лопаток. Целью данного приложения служит ускорение разработки и проектирования профилей лопаток

летательного аппарата за счет автоматизации вычислений некоторых промежуточных характеристик лопаток. Также, было немаловажным сконструировать программный комплекс так, чтобы он предоставлял простой и удобный интерфейс и функционал для его использования.

Был разработан программный комплекс, состоящий из двух модулей. Первый модуль представляет из себя визуальный конструктор лопатки, который позволяет спроектировать ее профиль, а также получить набор точек, описывающих его и наоборот. Вторая часть программного комплекса представляет из себя программную реализацию математического алгоритма конструирования лопатки турбины летательного аппарата. Результатом его работы служат расчетные параметры, необходимые для моделирования. При разработке данных программных модулей была использована технология Windows Foundation Presentation (WPF). Алгоритмической основой, которая лежит в решении данного вопроса является использование метода наименьших квадратов, а также аппроксимации кривых, в которых в качестве базисных функций были использованы кривые Бернштейна-Безье второго и третьего порядков.

Благодаря данному программному комплексу был оптимизирован и ускорен процесс разработки и конструирования лопатки летательного аппарата. А именно, быстрое получения необходимых значений за короткий промежуток времени.

Software complex for modeling profiles of aircraft blades

Noda I.D.
MAI, Moscow

In modern aircraft industry when designing an aircraft, the problem arises of modeling blade profiles for aircraft engines. When solving this problem, the difficulty of determining the type of blade and its geometric characteristics appears.

In this paper, the task of developing a software system capable of solving the problem of modeling geometric profiles of blades is considered. The purpose of this application is to accelerate the development and design of profiles of aircraft blades by automating the calculations of some intermediate characteristics of the blades. Also, it was important to design a software package so that it provides a simple and convenient interface and functionality for its use.

A software complex consisting of two modules was developed. The first module is the visual designer of the scapula, which allows you to design its profile, as well as get a set of points that describe it and vice versa. The second part of the software package is a software implementation of a mathematical algorithm for designing a turbine blade of an aircraft. The result of his work are the calculated parameters necessary for modeling. In developing these software modules, the Windows Foundation Presentation (WPF) technology was used. Algorithmic basis, which lies in the solution of this issue is the use of the method of least squares, as well as approximation of curves, in which the Bernstein-Bezier curves of the second and third orders were used as the basis functions.

Thanks to this software package, the process of developing and designing an aircraft blade has been optimized and accelerated. Namely, the rapid receipt of the required values in a short period of time.

Цифровое управление трехфазным корректором коэффициента мощности

Носков Д.Д.
МАИ, г. Москва

В настоящее время предъявляются строгие требования к качеству электроэнергии, потребляемой от сети переменного тока. Выпрямители с коррекцией коэффициента мощности на базе полупроводниковых приборов – широко распространённый тип преобразователей, которые обеспечивают согласование нагрузки с входной сетью переменного тока, позволяя получить потребление от сети практически синусоидального тока с коэффициентом мощности 0,95…0,99 и коэффициентом гармоник < 5% даже при

резко нелинейной нагрузке (например, источнике вторичного электропитания постоянного тока или инверторе).

Для эффективной работы силовой части корректора коэффициента мощности (ККМ) известны несколько способов управления: управление по среднему току, управление по пиковому току, релейное управление и ряд менее распространённых способов. Все эти методы изначально были реализованы с помощью аналоговых схем управления ККМ.

С появлением высокопроизводительных и относительно недорогих цифровых сигнальных процессоров стало возможным внедрение прямого цифрового управления высокочастотными преобразователями электроэнергии, в том числе и ККМ. Несмотря на многие достоинства цифровых схем управления ККМ перед аналоговыми (например, возможность изменения коэффициентов регулятора в цепи обратной связи в зависимости от режима работы преобразователя), цифровое управление несёт в себе ряд принципиальных особенностей, связанных с конечным разрешением дискретизации входных сигналов по времени и по амплитуде, с конечным быстродействием ядра микроконтроллера и его периферийных модулей. Эти особенности приводят к изменению поведения ККМ с цифровым управлением при реализации одних и тех же методов регулирования, что и в ККМ с аналоговым управлением, поэтому нуждаются в дополнительных исследованиях.

В работе приводится методика проектирования цифровой системы управления трёхфазным ККМ с использованием имитационного моделирования в MATLAB Simulink. Приводится разработанная имитационная компьютерная модель, реализующая управление по среднему за период ШИМ току дросселя. Рассматривается влияние дискретизации сигналов по времени и амплитуде на входные (коэффициент мощности) и выходные (пульсации выходного напряжения) параметры ККМ. Выполнено моделирование ККМ с цифровым управлением при работе от сети 230/400 В промышленной частоты 50 Гц и при работе от бортовой сети 115/200 В постоянной частоты 400 Гц. Показано наличие искажений формы входного тока вблизи перехода через ноль при работе в сети 400 Гц.

Digital control of three-phase PFC

Noskov D.D.
MAI, Moscow

Nowadays strict requirements are imposed on the quality of electricity consumed from the AC mains. Rectifiers with power factor correction based on semiconductor devices are a widely used type of converters that provide load matching with an AC input network, allowing to receive power from a network of almost sinusoidal current with a power factor of 0.95 ... 0.99 and a harmonic coefficient of <5% even with a sharply non-linear load (for example, a secondary DC power supply or inverter).

For effective operation of the power circuit of the power factor corrector (PFC), several control methods are known: average current mode, peak current mode, relay mode and a number of less common methods. All these methods were initially implemented using analog PFC control schemes.

With the emergence of high-performance and relatively low-cost digital signal processors, it became possible to introduce direct digital control of high-frequency power converters, including PFC. In spite of many advantages of digital control circuits of PFC before analog circuits (for example, the possibility of changing the regulator coefficients in the feedback loop depending on the operating mode of the converter), digital control has a number of principal features associated with the finite resolution of the sampling of the input signals in time and amplitude, with a finite speed of the microcontroller core and its peripheral modules. These features lead to a change in the behavior of PFC with digital control in the implementation of the same control methods as in the PFC with analog control, and therefore require additional research.

The paper describes the methodology for designing a digital control system for a three-phase PFC with an average current mode control using simulation in MATLAB Simulink. The developed computer simulation model is given. The effect of signal sampling over time and

amplitude on the input (power factor) and output (ripple of the output voltage) parameters of the PFC is considered. The PFC with digital control has been simulated when operating from a 230/400 V 50 Hz mains and operating from an on-board 115/200 V 400 Hz mains. The presence of distortions in the shape of the input current near the transition through zero is shown when operating in a 400 Hz mains.

Интерактивная программная система отображения карт в реальном времени

[1]Пархаев В.А., [2]Малынкин К.В., [1]Николаева Е.О.
[1]МАИ, [2]Мобильные информационные системы, г. Москва

В современном мире навигационное обеспечение является наиважнейшей составляющей при координировании действий воздушных сил [1].

Целью данной работы является создание программного обеспечения для отображения карт местности с наложением на них необходимых объектов. Хранение карты осуществляется в бинарном файле формата SXF. Отображение карт такого формата возможно, как 2D, так и в 3D, что улучшает визуальное восприятие для пилота или оператора ЛА. В программном обеспечении должна быть реализована оптимизация хранения информации для уменьшения объема занимаемой памяти. На первом этапе разработки создано отображение требуемого участка карты в формате 2D по данным, взятым из бинарного файла формата SXF.

На втором этапе создается 3D отображение с учетом геодезических особенностей данного участка местности, на основе уже построенной 2D карты. На третьем этапе разрабатывается оптимизация памяти посредством удаления неиспользуемых фрагментов карты [2]. На четвертом этапе реализовано отображение 3D моделей различных специальных обозначений поверх карты местности.

В заключительной части приводится разработанный пользовательский интерфейс для выбора необходимых объектов для отображения на экране, что исключает перегруженность карты для зрительного восприятия пилота или оператора. В результате создано эффективное программное обеспечение для использования на современных летательных аппаратах (ЛА), что обеспечивает упрощенную навигацию и управление ЛА пилотом при выполнении актуализированных задач ЛА.

Литература:

[1] С. В. Козлов, Кто ориентирует армию и флот в пространстве. 05 12 2014. [В Интернете].Available:http://nvo.ng.ru/realty/2014-12-05/1_orientation.html. [Дата обращения: 30 09 2018]

[2] Wikipedia, «Бортовая цифровая вычислительная машина». 22 09 2018. [В Интернете] Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бортовая_цифровая_вычислительная_машина/ [Дата обращения: 30 09 2018]

Interactive program system of mapping

[1]Parkhaev V.A., [2]Malynkin K.V., [1]Nikolaeva E.O.
[1]MAI, [2]Mobile Information Systems, Moscow

Now days navigation support is one of the most important components of coordinative air force.

The purpose of this work is to create software for displaying maps of the area with the imposition of the necessary objects on them. The map is stored in a binary file format SXF. The display of maps of this format is possible, both 2D and 3D, which improves visual perception for the pilot or aircraft operator. The software should be implemented to optimize the storage of information to reduce the amount of memory occupied.

The first stage of development: mapping the terrain of the required part of the map in 2D format, according to data, taken from a binary SXF format file. At the second stage, a 3D display is created according to the geodetic features of this area of the terrain, based on the already constructed 2D map. At the third stage, memory optimization is developed by removing unused map fragments [2]. At the fourth stage, the display of 3D models of various special symbols on

top of the terrain map is implemented. The final part provides a developed user interface for selecting the necessary objects to be displayed on the screen, which eliminates the congestion of the map for the visual perception of the pilot or operator.

As a result, effective software has been created for use on modern aircraft (LA), which provides for simplified navigation and control of the aircraft by the pilot when performing actual aircraft tasks.

Reference:

[1] S.Koslov, Who orients the army and navy in space. 05 12 2014. [From Internet]Available: http://nvo.ng.ru/realty/2014-12-05/1_orientation.html [Date of the request: 30 09 2018]

[2] Wikipedia, « Airborne digital computer ». 22 09 2018. [From Internet] Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бортовая_цифровая_ вычислительная_машина/ [Date of the request: 30 09 2018]

Проектирование «умного» крыла самолета

Паткин Н.С.
МАИ, г. Москва

Крыло самолета за последние десятилетия пережило много изменений, сначала они были связаны с его аэродинамической составляющей, затем предпринимались попытки расширить его функциональность с помощью размещения в нем компонентов различных систем и подсистем самолета. В новом тысячелетии основными задачами являются уменьшение массы крыла и увеличение эффективности компонентов систем. Уменьшение массы изделия достигается применения композитных материалов, а увеличение эффективности систем – использованием современных цифровых вычислительных комплексов.

Существуют три основные проблемы при эксплуатации крыла, выполненного из современных композитных материалов. Это сложность диагностирования отказов подсистем, малое количество полетной информации и низкая ремонтопригодность. За прошедшее десятилетие предпринимались различные способы решения данных задач, но они показали себя не эффективными, так как имели низкую надежность агрегатов при эксплуатации и высокую трудоемкость.

В данной работе проведен анализ рынка и выявление последних достижений компаний Boeing, AirBus и ОАК в проектировании крыла нового поколения. На основе данных, полученных аналитическим путем, определено количество необходимой полетной информации и практической значимости проекта. Одним из важнейших параметров является кривизна профиля крыла, температура передней кромки и уровень вибрации. Спроектирована компьютерная модель профиля умного крыла с установкой всех необходимых компонентов систем. Для измерения кривизны профиля использованы волоконно-оптические датчики, расположенные по всей длине профиля. Температура передней кромки крыла необходимой для в взаимодействия с противооблединительной системой самолета были выполнены на основе полупроводников, а вибрации на законцовке крыла снимаются с помощью MEMS акселерометров. Дополнительно были установлены ультразвуковые датчики на всей площади крыла, которые занимаются мониторигом целостности композитных материалов. Все полученные измерения передаются в вычислительную систему с помощью беспроводной сети стандарта Bluetooth.

Результаты экспериментальных исследований показали, что данные об изменении кривизны профиля, температуры и амплитуды колебания крыла были критически важны для дальнейших исследований по созданию крыла с изменяемой кривизной профиля. Ультразвуковые датчики показали свою эффективность по повышению безопасности, так как своевременно указывают на дефектные компоненты обшивки крыла.

Designing the smart wing of an airplane

Patkin N.S.
MAI, Moscow

The wing of the airplane over the past decades has experienced many changes, at first they were associated with its aerodynamic component, then attempts were made to expand its functionality by placing components of various systems and subsystems of the aircraft in it. In the new millennium, the main tasks are to reduce the weight of the wing and increase the efficiency of system components. Reducing the mass of the product is achieved using composite materials, and increasing the efficiency of systems - using modern digital computer systems.

There are three main problems in the operation of the wing, made of modern composite materials. This is the complexity of diagnosing subsystem failures, a small amount of flight information and low maintainability. Over the past decade, various ways of solving these problems have been undertaken, but they proved to be ineffective, as they had low reliability of the units during operation and high labor intensity.

In this paper, the market analysis and identification of the latest achievements of Boeing, AirBus and UAC in the design of the new generation wing were carried out. Based on the data obtained analytically, the number of required flight information and the practical significance of the project is determined. One of the most important parameters is the curvature of the wing profile, the temperature of the leading edge and the level of vibration. A computer model of the smart wing profile was designed with installation of all necessary components of the systems. To measure the curvature of the profile, fiber-optic sensors are used, located along the entire length of the profile.

The temperature of the leading edge of the wing necessary for the interaction with the anti-icing system of the aircraft was made on the basis of semiconductors, and vibrations on the wing tip are removed using MEMS accelerometers. In addition, ultrasonic sensors were installed on the entire wing area that monitor the integrity of composite materials. All received measurements are transferred to the computer system using a Bluetooth.

The results of experimental studies have shown that the data on changes in the curvature of the profile temperature and amplitude of the wing oscillation were critically important for further studies on the creation of a wing with a variable curvature of the profile. Ultrasonic sensors have shown their effectiveness in improving safety, since they point in time to the defective components of wing skin.

Исследование электрического и магнитного полей электрического транспорта

Плотникова Н.О.
МАИ, г. Москва

В современных реалиях технические средства, создающие электромагнитные поля (ЭМП), окружают человека во всех сферах его деятельности и непосредственно воздействуют на его организм. В связи с этим все более актуальной становится проблема электромагнитной экологии. Традиционно, такие проблемы решаются при помощи моделирования или расчетного прогнозирования ЭМП, что весьма важно для стадий разработки, проектирования или размещения технических средств, являющихся источниками ЭМП, основными их которых являются трамваи, троллейбусы и электропоезда метрополитена в системе городского пассажирского транспорта. Поэтому важно оценивать совокупный эффект электрического и магнитного поля на организм человека, пользующегося транспортом, и своевременно принять во внимание рекомендации по проектированию и размещению источников, создающих ЭМП, что и является задачей данного исследования.

Основными этапами оценки являются:

1) Моделирование ЭМП с помощью программного обеспечения Elcut 6.2 путем задания граничных значений для расчета основных параметров и задание массогабаритных характеристик основных источников ЭМП.

2) Получение значений основных параметров ЭМП, а именно магнитной индукции и напряженности электрического поля.

3) Построение графиков зависимостей магнитной индукции от габаритов пассажирского транспорта через напряженность магнитного поля.

В ходе работы получены результаты моделирования электрического и магнитного поля от контактной сети городского электрического транспорта. По этим картинам распределения полей найдены напряженности электрического и магнитного полей, с помощью которых можно выполнить сравнение с предельно-допустимыми уровнями полей и санитарно-гигиеническими критериями. По полученным данным можно сделать вывод о том, что хорошо ли экранирует корпус трамвая, троллейбуса и поезда метро от воздействия электромагнитных полей, и какое влияние они оказывают пассажиров.

Investigation of electric and magnetic fields of electric transport

Plotnikova N.O.
MAI, Moscow

In modern realities, the technical means that create electromagnetic fields (EMF) surround a person in all spheres of his activity and directly affect his body. In connection with this, the problem of electromagnetic ecology becomes more and more urgent. Traditionally, such problems are solved with the help of modeling or design forecasting of EMF, which is very important for the stages of development, design or deployment of technical means that are sources of EMF, the main of which are trams, trolleybuses and subway electric trains in urban passenger transport. Therefore, it is important to assess the cumulative effect of the electric and magnetic fields on the body of a person using transport, and to take timely into account recommendations for designing and placing sources that create EMF, which is the task of this study.

The main stages of the assessment are:

1) Simulation of EMF using the software Elcut 6.2 by setting boundary values for calculating the basic parameters and setting the mass-size characteristics of the main sources of EMF.

2) Obtaining the values of the main parameters of EMF, namely magnetic induction and electric field strength.

3) Construction of graphs of magnetic induction dependences on the dimensions of passenger transport through the intensity of the magnetic field.

In the course of the work, the results of modeling the electric and magnetic fields from the contact network of urban electric transport are obtained. These field distribution patterns find the strengths of the electric and magnetic fields, by means of which it is possible to make a comparison with the maximum permissible levels of fields and sanitary and hygienic criteria. According to the data obtained, it can be concluded that the case of a tram, trolley and a subway train is well shielded from the effects of electromagnetic fields, and what effect they have on passengers.

Метод распознавания объектов дистанционного зондирования земли с применением нейро-нечеткого моделирования

Поляков С.В., Дембицкий Н.Л.
МАИ, г. Москва

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) активно используются для изучения природных ресурсов Земли и решения задач метеорологии с помощью космических аппаратов, оснащенных оптической или радиолокационной аппаратурой. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых их аппаратурой, составляет от видимого оптического излучения до радиоволн. В настоящее время накоплено большое количество данных зондирования поверхности Земли. Их обработка связана колоссальными затратами временных и материальных ресурсов. Компьютеризация анализа данных ДЗЗ – актуальная задача, решение которой может дать значительный экономический эффект.

Основным преимуществом нейро-сетовых методов является возможность создавать универсальные устройства и ПО, которые можно настраивать на поставленную задачу без изменения структуры вычислителя и алгоритма обработки данных.

Кроме того, нейросети дают возможность параллельной обработки данных, обеспечивая скорость получения результатов. Высокое быстродействие вычислений является одной из наиболее привлекательных особенностей нейропроцессоров.

В докладе рассматривается подход к созданию модели нейрона, который позволит решить проблему разделения линейно-неразделимых классов.

В работе была разработана нейро-нечеткая модель многопараметрической классификации объектов, обладающая преимуществами по сравнению с традиционными моделями нейросетей:

• Решение задач нелинейного разделения классов с помощью нейропроцессора

• Обучение аппроксимации нелинейных поверхностей

• Высокая скорость обучения

• Высокое быстродействие

• Возможность реализации в виде программного обеспечения и в виде устройств на аналоговых элементах

• «Прозрачность» и адекватность структуры при моделировании поверхностей с разнородными характеристиками

• Фрагментация модели на участки позволяет сокращать объемы информационных моделей

Литература:

1. Кульчин Ю. Н., Ким А. Ю., Ноткин Б. С., Люхтер А. Б. Обработка сигналов распределенной волоконно-оптической сети для распознавания образов с применением нейронных сетей. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, Том 21, № 4, 2015, с.312-318

2. Галушкин А. И. Нейрочипы и нейроморфные ЭВМ: проблемы моделирования. "Информационные технологии", Том 21, № 12,2015, с. 942-948

Method for recognition of objects of remote sensing of earth with the application of neuro fuzzy modeling

Polyakov S.V., Dembitskiy N.L.

MAI, Moscow

Remote sensing of the Earth (ERS) is actively used to study the natural resources of the Earth and solve problems of meteorology using spacecraft equipped with optical or radar equipment. The working range of wavelengths received by their equipment ranges from visible optical radiation to radio waves. At present, a large amount of data has been accumulated on the sensing of the Earth’s surface. Their processing is associated with enormous costs of time and material resources. Computerization of the analysis of remote sensing data is an urgent task, the solution of which can give a significant economic effect.

The main advantage of neuro-network methods is the ability to create universal devices and software that can be customized for the task without changing the structure of the computer and the data processing algorithm.

In addition, neural networks allow parallel data processing, ensuring the speed of obtaining results. High speed computing is one of the most attractive features of neuroprocessors.

The report discusses an approach to creating a model of a neuron that will solve the problem of separating linearly inseparable classes.

In the work, a neuro-fuzzy model of multiparameter classification of objects was developed, which has advantages over traditional models of neural networks:

• Solving nonlinear class separation problems using a neural processor

• Learning approximation of nonlinear surfaces

• High learning speed

• Possibility of implementation in the form of software and in the form of devices on analog elements

• "Transparency" and the adequacy of the structure when modeling surfaces with heterogeneous characteristics

• Fragmentation of the model into sections allows reducing the volumes of information models

References:

1. Kulchin Yu. N., Kim A. Yu., Notkin B. S., Lyukhter A. B. Processing of signals of a distributed optical fiber network for pattern recognition using neural networks. INFORMATION TECHNOLOGIES, Vol. 21, No. 4, 2015, p.312-318

2. Galushkin, A.I., Neurochips and Neuromorphic Computers: Modeling Problems. "Information Technologies", Volume 21, No. 12,2015, p. 942-948

Программный комплекс оценки технического состояния систем летательных аппаратов на основе тренд-анализа полетной информации

Попов С.С.

МАИ, г. Москва

Оценка текущего технического состояния и прогноза отказов систем летательных (ЛА) является одним из способов повышения безопасности полетов и сокращения издержек на эксплуатацию парков воздушных судов. В более широком смысле решения перечисленных задач лежат в основе так называемой технологии эксплуатации по состоянию, предполагающей принятие решений и проведение работ по техническому обслуживанию ЛА его систем на основе результатов непрерывного мониторинга их состояния.

Одним из возможных способов оценки текущего технического состояния систем ЛА является анализ трендов контролируемых параметров. Источником первичной информации для анализа являются данные, регистрируемые штатными бортовыми регистраторами полетной информации. Эти данные подвергаются непрерывному анализу в течение всего периода эксплуатации ЛА. В основе решения задачи оценки состояния лежит идея о том, что по мере износа систем параметры, характеризующие их состояние, будут обнаруживать тенденцию к изменению. Выход значений этих параметров за определенные границы служит признаком выхода из строя или недопустимого уровня износа системы. Выявление тенденций изменения таких параметров и построение аналитических зависимостей в виде трендов позволяет осуществить прогноз остаточного ресурса или времени выхода системы из строя. Анализ трендов также может использоваться для оценки деятельности летчика и анализа качества управления самолетом.

В разработанном программном комплексе реализованы следующие функциональные возможности: построение трендов по конкретному ЛА, по парку ЛА, по конкретному пилоту, по заданному периоду эксплуатации или набору полетов. Реализована возможность выбора участка траектории, на котором анализируются параметры, фильтрации сбойных измерений, выбора временной шкалы.

Результаты построения трендов показали, что значения ряда контролируемых параметров существенно зависит от условий внешней среды, изменяющихся как в рамках года, так и в рамках суток, что требует дополнительной обработки данных с целью исключения такого влияния. Одним из возможных способов преодоления данной проблемы, является разбиение исходных данных на несколько групп, каждая из которых соответствует сходным условиям эксплуатации и последующее построение трендов для каждой из групп. В случае наличия противоположных тенденций в различных группах оценка ресурса, прогноз отказов и принятие решений о ремонте или замене оборудования может приниматься с использованием методов многокритериального принятия решений.

Aircraft system condition evaluation based on flight data trend analysis

Popov S.S.
MAI, Moscow

Aircraft system health monitoring and failure prediction are considered as one of the most efficient way to increase flight safety and decrease operating cost. The solution of the health monitoring and failure prediction problems may be used as a basis for so-called “On-condition” maintenance technology [1] which implies making decision about repairing or replacement aircraft equipment using the results of its continuous health monitoring.

We consider trend analysis as one of the feasible methods of health monitoring and flight data recorders as a source of primary information for it. Using trend analysis for health monitoring is based on an idea that aircraft system parameters tend to change during the exploitation period. Overrun of the parameter values may be a signal of a failure or a malfunction but we could predict the failure using the information about trend formulas and its coefficients [2]. We also consider trend analysis as a method of pilot’s actions evaluation.

The following function are implemented in developed software: trend analysis of the exact aircraft, of airline fleet, of the exact exploitation period, of the exact set of flights. Additional functions allow to choose the exact flight phase or part of trajectory for analysis, filter the outliers, choose various timescale.

The result of trend analysis shows that values of many parameters depends on parameters of environment, that tend to change either within a year or within a day. This fact leads to the need of excluding such influence. We used clustering methods to divide all measurements into a certain number of groups and the following trend analysis for each group. In situation when results in different groups discover opposite trends we use multicriteria decision making methods.

References:

1. Evdokimenkov V.N., Krasil’shchikov M.N., Ratnikova N.A. Otsenka tekushchego sostoyaniya vozdushnogo sudna i ego system na osnove veroyatnostno-garantiruyushchego podhoda, Izvestiya RAN. Teoriya I sustemy upravleniya, 2003, no. 6, pp. 38-46
2. Evdokimenkov V.N., Kim R.V., Vekshina A.B., Voronov A.A. Operativnaya I poslepolyotnaya veroyatnostno-garantirovannaya otsenka tehnicheskogo sostoyaniya bortovykh system letatel’nogo apparata, Izvestiya vyschykh uchebnykh zavedenii, 2014, no. 3, pp. 60-63

Исследование возможностей пьезопривода для двухкоординатных систем позиционирования

Рахмилевич И.Е.
МАИ, г. Москва

В современном мире большое распространение пьезодвигатели получили благодаря В. В. Лавриненко, В. С. Вишневскому, К. М. Рагульскису и др. Из-за своей миниатюрности и точности пьезоэлектрические двигатели широко используются в робототехнике, аппаратуре для космических исследований и т.д. Своё место пьезодвигатели нашли в объективах камер и микроскопов, приводах высокоточных инструментов, лентопротяжных механизмах, дрелях и т.д.

На текущий момент пьезодвигатели используются исключительно в мелкой технике, где требуются небольшие усилия, высокая точность и простота конструкции. Отсутствие потребности в механическом редукторе позволяет добиться КПД в 90%, но производство пьезоэлектрических двигателей трудоёмкое и дорогое.

В настоящий момент ведутся исследования по применению пьезодвигателей вместо традиционных двигателей в задачах, требующих больших мощностей. В качестве примера подобного применения выступает перемещение траверс станков и двухкоординатных столов массой около 1 тонны. Также возможными местами для применения могут быть привода механизмов транспортировки грузов различных изделий, электрический транспорт, лифты в высотных зданиях, шлагбаумы и т.д. Произведён анализ характеристик пьезодвигателей в сравнении с уже применяемыми для подобных операций

устройствами, при их использовании увеличивается точности позиционирования, производительность, упрощается конструкция за счёт отказа от вспомогательных датчиков и редукторов. К недостаткам можно отнести низкую ремонтопригодность и относительно высокую стоимость, которая в следствии налаживания производства будет снижена. Производство крупных и мощных пьезодвижетелей менее трудоёмко и, как следствие, дешевле в сравнении с миниатюрными вариантами.

Research of piezoelectric motor capabilities for two-coordinate positioning systems

Rahmilevich I.E.
MAI, Moscow

In the modern world piezomotors have been developed and spread worldwide by Lavrinenko V.V., Vishnevsky V.S., Ragulskis M.A. and others. Because of their small size and precision, piezoelectric motors are widely used in robotics, space research equipment, etc. Piezodorotors are being used in cameras, drives of high-precision camera and microscope lenses, tape mechanisms, drills, and so on.

At the moment, piezomotors are used exclusively in small technics, where small efforts, high precision and simple design are required. The lack of the need for a mechanical reduction gear makes it possible to achieve an efficiency of 90%, but the production of piezoelectric motors is time-consuming, complex and expensive.

At present, research is being carried out to replace traditional motors with piezomotors in the fields requiring high power. An example of such an application is the traverse of machines and two-coordinate tables weighing about 1 ton. Also, powerful piezomotors can be used in transportation drive units of various product cargoes, electric transport, elevators in high-rise buildings, lifting gates, etc. The analysis of the piezoelectric motor characteristics in comparison with the traditional motors is being carried out. Replacing the traditional motors with piezoelectric ones leads to increased positioning precision, efficiency, and the simplification of the whole desing by the rejection of supporting sensors and reduction gears. The disadvantages include low maintainability and relatively high cost which is going to be reduced by reaching a sufficient level of production. The production of large and powerful piezoelectric motors is less complicated and, as a consequence, cheaper in comparison with miniature versions.

Использование обобщенных синтагм для решения задачи синтаксического анализа текстов

Ревина В.Д.
МАИ, г. Москва

Основная задача синтаксического анализа – представить синтаксическую структуру предложений в терминах классов слов и их отношений. При этом в качестве классов слов могут выступать части речи (существительное, прилагательное, глагол, наречие и др.), сопровождаемые грамматической информацией, характеризующей конкретные формы слов (например, род, число, падеж, лицо и др.). В качестве отношений - отношения непосредственной доминации с той или иной степенью их дифференциации.

Традиционный алгоритм синтаксического анализа обычно не может обеспечить достаточного быстродействия, к тому же, опираясь только на общие синтаксические правила, не всегда возможно правильно построить синтаксические структуры текстов при автоматическом анализе алгоритмически неразрешимых текстовых ситуаций. Поэтому функционирование таких алгоритмов в некоторых случаях не достигает желаемого качества анализа текстов. Обычно повышение качества обработки текстов решается путем привлечения дополнительных семантических признаков слов, а также путем использования различных шаблонов, моделирующих структуру синтаксических конструкций предложений, что является сложной и трудоемкой задачей.

Частично сократить трудоемкость задачи позволяет предлагаемый метод, основанный на обобщенных синтагмах, под которыми понимаются контактно расположенные последовательности символов обобщенных классов словоформ, включающие в себя набор

грамматических признаков слов, обеспечивающих идентификацию в текстах слов, имеющих аналогичные грамматические свойства. Процедуры синтаксического анализа базируются на результатах морфологического анализа текста, которые возможно автоматически преобразовать в последовательность индексов обобщенных синтагм, однозначно соответствующей конкретной синтаксической структуре предложения. При этом, если такой последовательности синтагм предложений-эталонов поставить в соответствие ранее выполненные результаты их обработки традиционным алгоритмом синтаксического анализа, а также обеспечить возможность ручного исправления в них алгоритмически неразрешимых некорректностей, то можно путем соотнесения текстовых синтагм и синтагм словаря, в котором заранее получена и откорректирована синтаксическая информация, получить синтаксическую структуру предложений с меньшими вычислительными затратами и более высокого качества.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 18-37-00110 мол_а).

Applying generalized syntagmas to solve the task of texts' syntactic analysis

Revina V.D.
MAI, Moscow

The main task of syntactic analysis is to present the syntactic structure of sentences in terms of word classes and their relations. In this case, parts of speech (noun, adjective, verb, adverb, etc.) can be used as classes of words, accompanied by grammatical information characterizing specific forms of words (for example, gender, number, case, person, etc.). As relations - the relationship of direct domination with a certain degree of their differentiation.

A traditional syntactic parsing algorithm usually cannot provide enough speed, besides relying solely on general syntactic rules, it is not always possible to correctly build syntactic text structures in automatic analysis of algorithmically undecidable text situations. Therefore, the functioning of such algorithms in some cases does not achieve the desired quality of text analysis. Usually, the improvement of the quality of word processing is solved by attracting additional semantic signs of words, as well as by using various templates that model the structure of the syntactic constructions of sentences, which is a complex and time-consuming task.

The proposed method based on generalized syntagmas, which are understood as contact sequences of symbols of generalized classes of word forms, including a set of grammatical features of words that ensure the identification of words in texts with similar grammatical properties in words, is a part of the task complexity. The syntactic analysis procedures are based on the results of the morphological analysis of the text, which it is possible to automatically convert into a sequence of indices of generalized syntagmas that unambiguously correspond to the specific syntactic structure of the sentence. At the same time, if such a sequence of syntagmas of standart sentences is put in correspondence with the previously performed results of their processing with the traditional parsing algorithm, and also it is possible to manually correct algorithmically unsolvable incorrectness in them, then by correlating the text syntagmas and the dictionary syntagmas in which corrected the syntactic information, to get the syntactic structure of sentences with less computational costs and higher quality.

Разработка модуля распознавания графических данных

Редько М.Ю., Романенков А.М.
МАИ, г. Москва

При разработке турбинных двигателей возникает необходимость расчета обобщенных характеристик. Для этих параметров предоставляются методы расчёта или программные решения данной проблемы. В рассматриваемой нами задаче, была необходимость в переносе данных с изображений графиков в численные значения для использования в программном комплексе. Данная задача актуальна, потому как позволит автоматизировать или упростить перенос любых данных из графического вида в цифровое представление.

Предлагаем программный комплекс, в который предоставляет набор инструментов, позволяющий распознавать данные на бумажных носителях и оцифровывать их. Цель

данного метода: на основе существующих моделей ТРДД получать более эффективные характеристики, путем наглядного анализа полученных расчетных данных. Он позволяет наносить точки для восстановления графика зависимости, которые могут быть использованы в качестве исходных данных в расчёте обобщенных характеристик ТРДД т.е. получение графиков «Расход компрессора» и «КПД компрессора» и использование их как исходных при различных начальных условиях. Так же данный метод предоставляет возможность использования согласованной деформации изображения для масштабирования отдельных частей графика для более точного переноса информации с бумажных носителей. Данное приложение реализовано на WPF и OpenCV. Простота интерфейса позволяет использовать данный комплекс оператору вне зависимости от его прикладных знаний использования компьютера.

Был спроектирован и разработан универсальный инструмент для анализа данных представленных в виде графиков. Модульность приложения позволяет легко внедрить отдельные части проекта в схожие проекты с задачей обработки данных.

Development of graphic data recognition module

Redko M.Y., Romanenkov A.M.
MAI, Moscow

When developing turbine engines there is a need to calculate the generalized characteristics. These parameters are provided with calculation methods or software solutions for this problem. In the problem we are considering, there was a need to transfer data from graphic images to numerical values for use in the software package. This task is relevant, because it will automate or simplify the transfer of any data from the graphical view to the digital view.

We offer a software package, which provides a set of tools that allows you to recognize data on paper and digitize them. The purpose of this method: on the basis of existing models of turbojet engines, to obtain more efficient characteristics, by visual analysis of the calculated data. It allows you to put points to restore the dependency graph, which can be used as source data in calculating the generalized characteristics of the turbofan. Receipt of graphs "Compressor consumption" and "Compressor efficiency" and use them as initial under different initial conditions. Also, this method provides the possibility of using a consistent image deformation to scale individual parts of the graph to more accurately transfer information from paper carriers. This application is implemented on WPF and OpenCV. The simplicity of the interface allows the operator to use this complex regardless of his application knowledge of using a computer.

A universal tool for analyzing data presented in the form of graphs was designed and developed. The modularity of the application makes it easy to implement separate parts of the project in similar projects with the task of data processing.

Обзор методов поиска объектов на изображении

Романов В.И.
МАИ, г. Москва

В данной работе поставлена задача распознавания образов на картинке для распознавания объекта, изображенного на картинке. Распознавание образов на изображениях широко используется при анализе спутниковых фотоснимков и при создании беспилотного оборудования. Поэтому наиболее простое и быстрое решение данной задачи является актуальной задачей в аэрокосмической отрасли.

Целью работы является сравнение и анализ различных подходов к решению задачи распознавания образов на изображении с помощью различных методов.

Большое количество задач напрямую связаны с задачей распознавания объекта на изображении. Для решения данной задачи мы будем использовать методы моделирования объекта – методы, которые подходят для решения большинства задач, но для использования данного метода нам необходимо точно знать, какой объект нам необходимо найти на изображении.

В случае, если объект существенно выделяется по цвету на фоне изображения, можно использовать метод цветовых фильтров для поиска данного объекта.

Аналогично, в случае если мы знаем очертания объекта, наиболее простым методом нахождения данного объекта на изображении является выделение и анализ его контуров на изображении.

В случае же, если мы имеем изображение объекта, который необходимо найти, мы может использовать метод сопоставления с шаблоном – метод, который, используя шаблонное изображение объекта, ищет совпадающие с ним области на изображении. Также в подобной ситуации мы можем использовать метод особых точек – метод, использующий особые области, которые можно найти на шаблоне, для сопоставления их с изображением.

Большая часть данных методов позволяет распознавать лишь малую долю объектов, так как они ищут довольно точные совпадения с входными данными. Гораздо лучшими по результативности являются методы машинного обучения, позволяющие с помощью большой обучающей выборки натренировать машину на выполнение необходимых задач.

В данной работе будут рассматриваться нижеперечисленные подходы к решению задачи распознавания образов на изображении, их сильные и слабые стороны.

Review of the methods of the search object in the image

Romanov V.I.
MAI, Moscow

In this paper, the task of pattern recognition in the picture to recognize the object depicted in the picture. Image recognition in images is widely used in the analysis of satellite images and in the creation of unmanned equipment. Therefore, the simplest and fastest solution to this problem is an urgent task in the aerospace industry.

The aim of the work is to compare and analyze different approaches to solving the problem of pattern recognition in an image using different methods.

A large number of tasks are directly related to the task of recognizing the object in the image. To solve this problem, we will use methods of object modeling – methods that are suitable for most problems, but to use this method, we need to know exactly what object we need to find in the image.

If the object is significantly highlighted against the background of the image, you can use the color filter method to find the object.

Similarly, if we know the shape of an object, the simplest method of finding the object in the image is to select and analyze its contours in the image.

In case we have an image of the object to be found, we can use the pattern matching method – a method that, using a pattern image of the object, searches for matching areas in the image. Also in this situation, we can use the special points method – a method that uses special areas that can be found on the template to map them to the image.

Most of these methods allow only a small fraction of objects to be recognized, as they search for fairly accurate matches with the input data. Much better in performance are the methods of machine learning, allowing using a large training sample to train the machine to perform the necessary tasks.

In this paper we will consider the following approaches to solving the problem of pattern recognition in the image, their strengths and weaknesses.

Кинетический накопитель энергии

Русанов Д.В., Подгузов В.А.
МАИ, г. Москва

Кинетический накопитель энергии (КНЭ) это устройство для запасания накопления энергии, которое преобразует кинетическую энергию вращающегося маховика в электрическую энергию мотор-генератора.

Идея использования КНЭ для системы электрического движения не нова. В 1940-х годах швейцарская фирма Эрликон разработала концепт пассажирского автобуса для движения которого использовался КНЭ - гиробус. Основным минусом гиробусов была ненадежность подшипникового узла из-за большой массы маховика и гироскопического момента маховика

Для современных транспортных средств использование КНЭ ограничивается только для систем рекуперативного торможения. Самые известные системы это KERS на основе КНЭ для гоночных машин серии Formula 1 и некоторые системы для гибридных автомобилей. Например, в 2014 году компания Volvo успешно испытала гибридный автомобиль с КНЭ и добилась снижения расхода топлива на 25 % .

Помимо проектов на основе КНЭ для наземного транспорта существуют проекты для метрополитена. В 2002 году были проведены успешные испытания систем рекуперативного торможения на основе КНЭ в ньюйоркском метро. Это привело к внедрению таких систем в метрополитены других городов США. В апреле 2014 г. компания Vycon, поставила систему рекуперативного торможения на основе КНЭ для метрополитена г. Лос- Анджелеса.

Еще одной сферой для использования КНЭ могут стать зарядные станции для автономного городского электротранспорта (электробус). Благодаря технологии ультразарядки проблема малого запаса хода была решена. Например, электробус шведской компании Hybricon при зарядке в течение 300 секунд способен проехать 1 час. Но ультразарядка привела к другой проблеме - неспособности городской сети отдавать такую мощность потребителю. Для зарядки электробуса недавно представленного в Москве необходима мощность 300 кВт в течение 10 минут. Для решения этой проблемы целесообразно использовать зарядные станции на основе КНЭ т.к. у КНЭ нет ограничения по мощности и накопленной энергии ввиду модульного принципа построения станций (несколько КНЭ в параллельной работе).

Таким образом, КНЭ является перспективным при использовании его в сетях для питания современного городского электротранспорта как наземного, так и подземного. Данный вопрос актуален и для транспортной системы г. Москвы, особенно с внедрением элетробусов. Поэтому появление зарядных станций на основе КНЭ является первоочередной задачей, решение которой позволит совершить прорыв в развитии транспортной системы г. Москвы.

Flywheel energy storage

Rusanov D.V., Podguzov V.A.
MAI, Moscow

A kinetic energy storage (KNE) converts kinetic energy of rotating flywheel into electrical energy of motor-generator and vice versa.

The idea of using KNE for an electric motion system is not new. In the 1940s, the Swiss company Oerlikon developed the concept of passenger bus for the movement of which KNE was used – the gyrobus. The main drawback of the gyrobus was the unreliability of bearing assembly due to the large mass of the flywheel and the gyroscopic moment of flywheel.

For modern vehicles KNE is use in recuperating braking systems. The most whell-known system are KERS based on KNE. It is use for Formula 1 racing cars. Besides, in 2014, Volvo successfully tested a hybrid car with KNE and achieved a 25 % reduction in fuel consumption.

In addition to projects based on KNE for land transport there are projects for the subway. In 2002 successful tests of recuperative braking systems based on KNE were produced in the New York metro.

This allowed to apply such systems in the subways of other cities. In April 2014, the Vycon company supplied a system of recuperative braking based on the KNE for the Los Angeles metro.

Charging stations for autonomous urban electric transport (electric bus) can be another area of use of KNE. Thanks to the technology of ultracharging the problem of a small power reserve

was solved. For example, an electric bus of the Swedish company Hybricon when charging for 300 seconds, can travel for 1 hour. But ultracharging produce another problem – urban network cannot give such power to the consumer. To charge an electric bus recently presented in Moscow, a power of 300 kW is need for 10 minutes. To solve this problem, it charging stations based on a KNE can be use. KNE has no limitations on power and stored energy due to the modular principle of building stations (several KNE in parallel work).

Thus, the KNE is promising for its use in the networks for the supply of modern urban electric transport, both ground and underground. The question is also relevant for the transport system of Moscow, especially with the introduction of electric buses. Therefore, the emergence of charging stations based on the KNE is a priority task, the solution of which will allow a breakthrough in the development of the transport system of Moscow.

Метод автоматической нормализации словосочетаний на основе обобщенных синтагм

Руснак В.И.
МАИ, г. Москва

Нормализация слов хорошо исследована и решается путем замены грамматических окончаний, а в некоторых случаях – трансформации конечных буквосочетаний основ. Другое дело – нормализация именных и глагольных словосочетаний. Здесь наряду с задачей морфологического синтеза необходимо также проанализировать структуру текстового словосочетания: установить главные (опорные) и зависимые слова словосочетания и определить синтаксические связи между ними. На основании этой информации может быть принято решение о синтаксической и морфологической трансформации опорных и зависимых слов. В работе предлагается использовать механизм обобщенных синтагм, под которыми понимаются контактно расположенные последовательности символов обобщенных классов словоформ, включающие в себя набор грамматических признаков слов, обеспечивающих идентификацию в текстах слов, имеющих аналогичные грамматические свойства. Этот механизм позволит решить задачу гораздо эффективнее, используя метод лингвистической аналогии, базирующийся на следующей гипотезе: одним и тем же синтаксическим структурам словосочетаний должны соответствовать одинаковые синтаксические структуры их нормальных форм. При этом все процедуры преобразования в нормальные формы выполняются по упрощенному варианту формирования нормальных представлений словосочетаний. Таким образом, задачу автоматической нормализации словосочетаний можно свести к нахождению синтаксической структуры в виде обобщенной синтагмы словаря, аналогичной анализируемому словосочетанию, и простого механизма трансформации в нормальную форму путем замены грамматических окончаний слов словосочетаний. Но такая трансформация относится только к простым случаям нормализации. Что касается сложных случаев нормализующих трансформаций, то здесь уже необходимо либо выполнить перестановку слов, либо наряду с изменением окончания слов потребуется также выполнить соответствующую трансформацию их основ. Но таких сложных случаев трансформаций словосочетаний относительно немного, поэтому их можно включить в словарь нормализующих трансформаций словосочетаний. При этом процесс составления такого словаря можно осуществить автоматически с лингвистическим контролем. В настоящее время этот словарь имеет объем 39865 словарных статей. Данный метод позволяет значительно повысить скорость и точность нормализации словосочетаний для задач обработки текстов на естественном языке и может быть использован в различных системах обработки текстовых данных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 18-37-00110 мол_а).

The method of automatic normalization of word combinations based on generalized syntagmas

Rusnak V.I.
MAI, Moscow

The word normalization is well studied and is solved by replacing the grammatical ending or in some cases – by transforming the final letter combination of the base. Normalization of nominal and verbal phrases is another matter. In this case, along with the morphological synthesis, it is also necessary to analyze the structure of the textual combination: to establish the main (reference) and dependent words of the phrase and to determine the syntactic links between them. Based on this information, a decision to syntactically and morphologically transform the reference and dependent words can be made. The paper offers to use the mechanism of generalized syntagmas, which means contact-arranged sequences of symbols of generalized classes of word forms, including a set of grammatical word features, that provide the identification of words with similar grammatical features in text. This mechanism will solve the problem much more efficiently, using the method of linguistic analogy, based on the following hypothesis: the same syntactic structures of word combinations should correspond to the same syntactic structures of their normal forms. Meanwhile all the procedures of converting to normal forms are performed using a simplified version of the formation of word combinations' normal representation. Thus, the task of automatic normalization of word combinations can be reduced to finding a syntactic structure in the form of a generalized dictionary syntagma, similar to the analyzed word combination and a simple mechanism of transformation into a normal form by replacing the grammatical endings of word combinations. But this transformation only applies to simple cases of normalization. As for complex cases of normalizing transformations, it is necessary either to rearrange words, or along with changing the end of words, it will also be necessary to respectively transform their bases. But there are relatively few such complex cases of transformations of word combinations, so they can be included in the normalizing transformations of word combinations dictionary. The process of compiling such a dictionary can be carried out automatically with linguistic control. Currently this dictionary contains 39,865 entries. This method allows you to significantly improve the speed and accuracy of word combinations normalization for the tasks of processing texts in natural language and can be used in various text data processing systems.

Проектирование ветряной энергетической установки

Сидоров А.А.
МАИ, г. Москва

Согласно проведенному анализу для проектирования выбран вариант на базе трехлопастного быстроходного ветроколеса, реализующее ближайшие значения использования энергии к пределу Бетца.

При оценке ветровых условий местности исходными данными являются данные по повторяемости скоростей на высоте флюгера. Гистограммы повторяемости скорости ветра по сезонам получены на основе данных по Поморцеву. На основании полученых данных о повторяемости ветров вычислена функция плотности вероятности появления ветра. Номинальная скорость ветрогенератора принята согласно методики Фатеева на основании среднегодовых скоростях ветра. Предусмотрен вывод ветроколеса из под ветра выше предельных значений. Согласно расчетам получен коэффициент использования установленной мощности (КИУМ). Выбраны мощность ветрогенератора, высота башни, номинальная частота с учетом максимального использования энергии ветра.

Профили лопастей S823 у кончика и S822 у втулки выбраны по рекомендации NREL USA. По методу Глауэрта на основании данных продувки профилей на различных числах Рейнольдса и их аппроксимаций были определены оптимальные для номинальных условий углы атаки и ширина лопасти в различных сечениях, и определена оптимальная форма лопасти. С помощью разработанных в рамках данной работы программы были построены аэродинамическая характеристика и спрофилирована лопасть. При этом

получены оптимальные: коэффициент использования энергии ветра, ометаемый радиус, мощность ветроколеса. Проведен расчет прочности тяжелонагруженного элемента ВЭУ – лопасти.

При проектировании примерен принцип масштабируемости структурной схемы, что позволяет увеличивать число потребителей. Также проведен анализ опасных и вредных производственных факторов согласно ГОСТ12.0.003.74. Предусмотрено применение специального вибро-поглощяющего фундамента для ВЭУ. Расчет уровня звукового давления произведен с применением математического решения функции Бесселя. В конструкции спроектированы молниеприемники.

Полученный технико-экономический анализ ветряной энергетической установки, рассматриваемый как долгосрочный инвестиционный проект, является конкурентноспособным по сравнению с широко используемыми в настоящее время дизель-генераторами.

The wind power plant design

Sidorov A.A.
MAI, Moscow

The analysis conducted has resulted in selecting the three-blades high-speed windwheel in the design, which helps to achieve the energy use values closest to the Betz' limit.

The assessment of the local wind conditions proceeds from the underlying data of the speed repeatability at the weather vane level. Repeatability histograms of the seasonal wind speed have been derived from Pomortsev's data. On the basis of the data obtained, the probability density function of wind emergence has been calculated. Nominal wind generator velocity is adopted consistent with the Fateev's method and based on the annual average wind speed. The removal of windwheels from the wind is provided in case of exceeding the limit. On the basis of calculations the loading rate of the installed capacity, as well as wind turbines' capacity, tower's height and the nominal frequency considering the maximum use of the wind energy have been identified.

The blades profiles S823 around the tips and S822 around the hub have been chosen following the NREL USA recommendations. Using Glauert's method and the data obtained from flushing the profiles at various Reynolds numbers and their approximating, the optimal attack angles and the blade width in different cross-sections provided with the nominal conditions, as well as the optimal blade shape have been identified. With the help of the programme on C elaborated in this work, aerodynamic characteristics and a profiled blade have been designed. In so doing the following optimal properties are calculated: the wind energy efficiency rate, swept radius, windwheel capacity. The strength calculation of a heavily burdened element of a wind power plant - the blade - has been carried out.

The design draws on the principle of scalability of the structural scheme, that increases the number of consumers. The analysis of dangerous or harmful factors of production has been conducted complying with the requirements of GOST 12.0.003.74. The usage of a special basement absorbing vibrations for the wind power plant is provided. The estimates of the sound level pressure have been calculated using the mathematical resolution of Bessel's function. Lightning receivers are comprised in the design.

The feasibility study of the wind power plant acquired and presented as a long-term investment project is considered to be competitive in comparison with diesel generators, that are widely used nowadays.

Необходимость внедрения автоматизации наладки и испытаний

Симонов А.А.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день, во многих предприятиях, специализирующихся на разработке, выпуске вычислительной техники, особенно военного назначения вопрос испытаний стоит крайне остро. Нередко после выполнения ОКР и выхода изделия на серийный выпуск немалую часть времени занимают процессы наладки и испытаний. Как правило, такие

операции выполняются невысоко квалифицированным персоналом вручную, что влечет за собой ошибки человеческого фактора, следовательно, трату времени более квалифицированных сотрудников, а также увеличение времени выпуска готового изделия, что может повлечь за собой проблемы с выполнением заказа.

Для ускорения процессов наладки и испытаний, сокращения объема ошибок человеческого фактора, экономии человеческого ресурса, а также снижения затрат возникает необходимость автоматизации данных процессов.

Решение задачи автоматизации, в общем, можно разбить на несколько операций:

1. Анализ методик и порядка наладки и испытаний;
2. Разработка алгоритмов наладки и испытаний;
3. Проработка задачи управления испытательным/измерительным оборудованием;
4. Разработка ПО управления испытательным/измерительным оборудованием;
5. Проработка задачи коммутации с испытательным/измерительным оборудованием;
6. Разработка ПО управления коммутацией;
7. Разработка ПО графического интерфейса пользователя;
8. Разработка ПО журналирования, анализа и обработки ошибок;

На сегодняшний день большинство испытательного/измерительного оборудования укомплектованы различными интерфейсами для удаленного управления (GPIB, USB, Ethernet) с соответствующими инструкциями.

Решить задачу коммутации можно различными способами, начиная от собственной разработки решения, заканчивая покупкой готового программируемого модуля или программируемого логического контроллера.

Главным требованием к разработке модуля графического интерфейса пользователя является простота использования, наглядность выбора действий и информативность. Популярными средствами решения являются разработка приложений Windows forms, либо разработка приложения с помощью кроссплатформенной библиотеки Qt.

В любом случае, применение автоматизации следует рассчитывать индивидуально, так как необходимо учитывать рентабельность и эффективность её применения.

The need to implement automation of adjustment and testing

Simonov A.A.
MAI, Moscow

Today, in many enterprises specializing in development, release of an ADP equipment, especially military question of tests is particularly acute extremely. Quite often after execution of developmental operation and an output of a product on serial release a considerable part of time is occupied by processes of adjustment and tests. As a rule such operations are executed is low qualified personnel manually that involves errors of a human factor, therefore, a waste of time of more qualified employees and also increase in time of release of a finished product that can entail problems with execution of the order.

For an acceleration of processes of adjustment and tests, abbreviation of volume of errors of a human factor, saving of a human resource and also cost cutting there is a need of automation of these processes.

The decision of the task of automation, generally, can be divided into several operations:

1. Analysis of techniques and sequence of adjustment and tests;
2. Algorithm elaboration of adjustment and tests;
3. Study of the task of control of the test/measuring equipment;
4. Software development of control of the test/measuring equipment;
5. Study of the task of switching with the test/measuring equipment;
6. Software development of control of switching;
7. Software development of the graphic user interface;
8. Software development of journalizing, analysis and error handling;

Today the majority of the test/measuring equipment are completed with different interfaces for remote control (GPIB, USB, Ethernet) with the appropriate instructions.

It is possible to solve the problem of switching different methods, beginning from own solution development, finishing with purchase of the ready programmable module or a programmable logic controller.

The principal requirement to development of the module of the graphic user interface is ease of use, visualization of a choice of actions and informtiveness. Popular cures are applications programming of Windows forms, or application programming by means of cross-platform library Qt.

Anyway, application of automation should be calculated individually as it is necessary to consider profitability and efficiency of its application.

Технологический разброс конструктивных параметров, взаимозаменяемость и калибровка приемников воздушных давлений по аэродинамическим характеристикам

[1]Солдаткин В.М., [2]Деревянкин В.П., [2]Павлинов В.А., [2]Павловский А.А.

[1]КНИТУ-КАИ, г. Казань; [2]УКБП, г. Ульяновск

Полет различных воздушных судов, в частности самолета, осуществляется в пределах атмосферы и при их пилотировании и обеспечении безопасности необходима достоверная информация о высотно-скоростных параметрах (ВСП) движения относительно окружающей среды. В основу построения средств измерения ВСП самолета положен аэродинамический (аэрометрический) метод, использующий связь ВСП со статическим, полным или динамическим давлениями набегающего воздушного потока, которые воспринимаются с помощью установленных на фюзеляже и вынесенных в набегающий поток приемников воздушных давлений (ПВД). При этом качество восприятия воздушных давлений ПВД в значительной мере определяют погрешности измерения ВСП полета самолета.

Исследовано влияние конструктивных параметров ПВД на безразмерные коэффициенты полного и статического давлений, определяющих аэродинамические характеристики ПВД. Исследовано влияние изменения формы и размеров канала восприятия полного давления, места расположения, числа и качества выполнения отверстий для восприятия статического давления на аэродинамические характеристики ПВД при различных скоростях и углов скоса набегающего потока. Исследовано влияние технологического разброса геометрических параметров на изменение и идентичность аэродинамических характеристик ПВД. Получены соотношения, определяющие связь погрешностей измерения ВСП с точностью восприятия полного и статического давлений набегающего воздушного потока.

Показано, что технологический разброс геометрический параметров ПВД является причиной не идентичности аэродинамических характеристик и отсутствие взаимозаменяемости выпускаемых партий ПВД, принятых ОТК по геометрическим размерам, что определяет необходимость проведения калибровки ПВД при производстве по аэродинамическим характеристикам, определяемых по результатам аэродинамических продувок каждого ПВД.

Раскрывается методика калибровки, паспортизации и отбраковки ПВД по результатам аэродинамических продувок, что обеспечивает соответствие отечественных ПВД европейским стандартам SAE, что необходимо при эксплуатации отечественной авиационной техники на зарубежных авиалиниях.

Проведены экспериментальные исследования партий отечественных ПВД, подтверждающие эффективность их индивидуальной калибровки, паспортизаций и отбраковки по результатам аэродинамических продувок на этапе производства с последующим учетом индивидуальных аэродинамических характеристик в измерительных каналах систем измерения высотно-скоростных параметров воздушных судов.

Technological scatter of constructive parameters, interchangeability and calibration of air pressures receivers about aerodynamic characteristics

[1]Soldatkin V.M., [2]Derevyankin V.P., [2]Pavlinov V.A., [2]Pavlovsky A.A.

[1]KNRTU-KAI, Kazan; [2]JUIMDB, Ulyanovsk

The flight of various aircraft, in particular aircraft, is carried out within the atmosphere and their piloting and safety requires reliable information about the altitude-speed parameters (ASP) movement relative to the environment. The basis for development of measurement ASP aircraft based on aerodynamic (aerodynamic) method that uses a communication of the www with a static or a dynamic pressure of the incoming air flow, which are perceived with the help installed on the fuselage and made in the incoming flow of air pressure receiver (APR). In this case, the quality of air pressure receiver APR largely determine the measurement error VSP flight.

The influence of design parameters of APR on dimensionless coefficients of total and static pressures determining aerodynamic characteristics of APR is investigated. The influence of changes in the shape and size of the channel perception of total pressure, location, number and quality of holes for the perception of static pressure on the aerodynamic characteristics of APR at different speeds and angles of the slope of the incoming flow. The influence of technological dispersion of geometrical parameters on the change and identity of aerodynamic characteristics of APR is investigated. The relations that define the relationship of measurement errors of the ASP accuracy of sensing the total and static pressure of the incoming air flow.

It is shown that the technological scatter of the geometric parameters of APR is not the cause of the identity of the aerodynamic characteristics and the lack of interchangeability of the produced APR batches, adopted by the QCD in geometric dimensions, which determines the need for APR calibration in the production of aerodynamic characteristics determined by the results of aerodynamic purges of each APR.

The technique of calibration, certification and rejection of APR based on the results of aerodynamic purges is revealed, which ensures compliance of domestic APR with European SAE standards, which is necessary for the operation of domestic aircraft on foreign airlines.

Исследование токонесущих свойств ВТСП-2 лент для использования в обмотках электрических машин

Соловьёв А.В., Ильясов Р.И.

МАИ, г. Москва

Применение новых материалов в изделиях без предварительного комплексного исследования этих материалов рискованно и ведет к значительным финансовым и временным потерям. До недавнего времени, исследование токонесущих свойств высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП) являлось весьма дорогостоящей процедурой.

Разработанная в МАИ экспериментальная система на основе маятника с постоянным редкоземельным магнитом доказала работоспособность метода индуцирования критического тока на короткозамкнутый контур сверхпроводника. Новшество данного метода заключатся в замене традиционного четырехконтактного метода замера критического тока более дешевым индукционным. Среди возможностей экспериментальной системы есть наведение тока переменной частоты, причем форма тока будет зависеть от формы поля постоянных магнитов на маятнике. Методами моделирования магнитных полей возможно подобрать магниты маятника таким образом, чтобы воссоздать полную аналогию магнитного поля в зазоре генератора, не прибегая к дорогостоящему прототипированию образца генератора.

Маятник установки представляет собою постоянный магнит из Nd-Fe-B на жестком подвесе, сверхпроводниковый контур выполнен из ВТСП-2G ленты шириной 4 мм, с концами, спаянными с перехлёстом в 10 см (сверхпроводниковыми слоями друг к другу), из данной ленты сформирован прямоугольник и размещен одной стороной под постоянным магнитом. Контур находится в криостате в неподвижном основании башни маятника.

В ходе работы системы осуществляется преобразование кинетической энергии движения маятника в электрическую. Наведенное ЭДС в короткозамкнутом контуре способствовало протеканию тока в ВТСП, значение которого было равно критическому току данного ВТСП контура. Замер тока был произведен бесконтактно с помощью безжелезного трансформатора тока, сигнал с которого был заведен в АЦП, где моментально обрабатывался программным комплексом LabVIEW и выводил полученные значения критического тока. На установке были успешно испытаны ленты российского производителя SuperOx, а также американские ленты SuperPower и AMSC. Протекающий ток в сверхпроводнике достигал 100 ампер.

Реализация экспериментальной установки и проведение испытаний вышеописанным методом обходится значительно дешевле традиционных методов и оборудования для них. Перспективное развитие данного проекта это создание серийного образца экспериментальной системы, а также изготовление более масштабной копии для изучения индукционных потерь в ВТСП лентах и наведение ЭДС с частотой 400 Гц.

Study of the current-carrying properties of HTS - 2 tape for use in windings of electric machines

Solovyev A.V., Ilyasov R.I.
MAI, Moscow

The use of new materials in products without prior comprehensive study of these materials is risky and leads to significant financial and time losses. Until recently, the study of the current-carrying properties of a high-temperature superconductor (HTS) was a very expensive procedure.

The experimental system developed in MAI on the basis of a pendulum with a permanent rare-earth magnet proved the efficiency of the method of inducing a critical current on a short-circuited superconductor circuit. The innovation of this method is to replace the traditional four-contact method of measuring the critical current with a cheaper induction one. Among the possibilities of the experimental system is the guidance of the current of variable frequency, and the shape of the current will depend on the shape of the field of permanent magnets on the pendulum. By modeling magnetic fields, it is possible to select pendulum magnets in such a way as to recreate the full analogy of the magnetic field in the generator gap, without resorting to expensive prototyping of the generator sample.

The pendulum of the installation is a permanent magnet made of Nd-Fe-B on a hard suspension, the superconducting circuit is made of HTS-2G tape 4 mm, a rectangle is formed from this tape and placed on one side under a permanent magnet. The circuit is located in the cryostat in the fixed base of the pendulum tower.

During the operation of the system, the kinetic energy of the pendulum motion is converted into electrical energy. Induced EMF in a short-circuited circuit contributed to the flow of current in the HTS, the value of which was equal to the critical current of the HTS, circuit. The current measurement was made contactless with the help of an iron-free current transformer, the signal from which was wound up in the ADC, where it was instantly processed by the LabVIEW software complex and displayed the obtained values of the critical current. The installation was successfully tested tapes of the SuperOx, SuperPower and AMSC. The current flowing in the superconductor reached 100 amperes.

Implementation of the experimental setup and testing by the above method is much cheaper than traditional methods and equipment for them. The future development of this project is the creation of a serial sample of the experimental system, as well as the production of a larger copy for the study of induction losses in HTS tapes and guidance of EMF with a frequency of 400 Hz.

Управление жизненным циклом продукции: логистические инструменты определения материальных потребностей

Степаненко А.Ю., Ермаков А.А., Станкевич А.М.
МАИ, г. Москва

При разработке и внедрении автоматизированных систем управления жизненным циклом продукции важной задачей является обобщение и систематизация логистического инструментария, применяемого для оценки потребностей в материально-техническом обеспечении различных стадий жизненного цикла комплексных изделий машиностроения, в частности, изделий авиационно-космической промышленности.

Приводится первичная оценка потребности в материально-техническом обеспечении – как в стоимостном, так и в объемном показателях – по этапам жизненного цикла изделий в соответствии с ГОСТ Р56135-2014. В перечне этапов (стадий) выделяются таковые с наиболее существенным вкладом в стоимость как собственно изделия, так и сопровождающих его жизненный цикл процессов в части обеспечения необходимыми материалами. Для таких критичных этапов жизненного цикла приводится анализ существующих на рынке программного обеспечения логистических инструментов для анализа и расчета потребностей в материальных ресурсах, которые необходимы для реализации соответствующих стадий цикла существования сложного машиностроительного изделия, от этапа формирования требований до этапа утилизации.

Выделяются лидирующие программные системы, в частности, системы управления ресурсами предприятия, обладающие наиболее полнофункциональными возможностями для определения потребностей в материально-техническом обеспечении по соответствующим стадиям жизненного цикла, которые вносят наиболее существенный вклад в стоимость изделия и его эксплуатации. Далее более подробно анализируются реализуемые в системах класса ERP методы расчета материальных потребностей отдельно по основным и по вспомогательным материалам. Рассматриваются преимущества и область применения так называемых «детерминированных» методов расчета потребностей, а также необходимые для функционирования этих методов условия, в частности наличие производственно-технической документации изделия в электронном виде и соответствующем формате. Отмечается ограниченность области применения детерминированных методов расчета потребностей, связанная с тем, что в процессе производства и эксплуатации изделий, как и на иных этапах их жизненного цикла, существует потребность, в том числе и в материалах, не входящих в состав готового изделия. Для расчета потребностей в таких материалах рассматриваются так называемые «стохастические» методы расчета потребностей. Рассматриваются необходимые условия для использования стохастических методов расчета потребностей, в частности, наличие статистики расхода и трендов, которые запланированы в отношении производственной программы, а также величина целевого «уровня сервиса».

Отмечается, что для авиационно-космической отрасли упомянутых выше двух групп методов расчета потребностей в материалах недостаточно в связи со спецификой оборота так называемых «сериализованных ремонтопригодных агрегатов». Анализируются функциональные возможности ведущих ERP-систем, предназначенные для расчета указанных потребностей для формирования полнофункционального пула логистического инструментария по определению потребностей в материалах по всему жизненному циклу изделия.

Product lifecycle management: logistics material requirement planning tools

Stepanenko A.Y., Ermakov A.A., Stankevich A.M.
MAI, Moscow

In the development and implementation of automated systems for product life cycle management, an important task is to generalize and systematize the logistics tools used to assess the needs for material and technical support of various stages of the life cycle of complex engineering products, in particular, products of the aerospace industry.

Initial assessment provided as to materials requirements – both in value and volume indicators – by stages of product life cycle in accordance with GOST P56135-2014. In the list of stages, those are distinguished with the most significant contribution to the cost of both the product itself and the processes accompanying its life cycle in terms of providing the necessary materials. For such critical stages of the life cycle, the analysis of the existing market software logistics tools for the analysis and calculation of the needs for material resources that are necessary for the implementation of the relevant stages of the cycle of existence of a complex engineering product, from the stage of formation of requirements to the stage of disposal.

The leading software systems, in particular, enterprise resource planning systems, which have the most full-featured capabilities to determine the needs for material and technical support at the appropriate stages of the life cycle, which make the most significant contribution to the cost of the product and its operation. Further, the methods of calculation of material requirements separately for basic and auxiliary materials implemented in ERP systems are analyzed in more detail. The advantages and scope of the so-called "deterministic" methods of calculating the needs, as well as the necessary conditions for the operation of these methods, in particular the availability of production and technical documentation of the product in electronic form and the appropriate format. The limited scope of deterministic methods of needs calculation is noted, due to the fact that in the process of production and operation of products, as well as at other stages of their life cycle, there is a requirement for materials that are not part of the finished product. The so-called "stochastic" methods of requirements calculation are considered to calculate the requirements for such materials. The necessary conditions for stochastic methods applicability are considered, in particular, the availability of consumption statistics and trends that are planned in relation to the production program, as well as the value of the target "service level".

It is noted that for the aerospace industry, the above two groups of methods for calculating material requirements are not sufficient due to the specific turnover of the so-called "serialized maintainable parts". The functional capabilities of the leading ERP-systems designed to calculate these requirements for the formation of a full-featured pool of logistics tools to determine materials requirements throughout the life cycle of the product are analyzed.

Программно-аппаратный метод оптимизации заряда батарей космических аппаратов на солнечно-синхронной орбите

Сыздыков А.Б., Казбек С.Б., Мухамедиев А.С., Саханов К.Ж.
НК "Қазақстан Ғарыш Сапары", г. Астана

В настоящий момент система энергоснабжения космических аппаратов использует два типа заряда аккумуляторных батарей. Первый метод – непосредственный перенос энергии (DET – direct energy transfer) и второй – отслеживание точки максимальной мощности (MPPT – maximum power point tracker).

Космические аппараты дистанционного зондирования Земли на низких орбитах находятся на солнечной стороне с определенной цикличностью, и возникает задача быстрого заряда аккумуляторной батареи. MPPT предоставляет возможность находить силу тока и напряжение на источнике тока, при котором значение мощности на выходе будет максимальным. Подобное решение необходимо для быстрого заряда аккумуляторной батареи космического аппарата.

В данный момент отслеживание точки максимальной мощности - MPPT в космических аппаратах реализовано аппаратно.

Целью данной работы является создание аппаратно-программного комплекса управления током и напряжением, с использованием метода Ньютона (касательных) для отслеживания точки максимальной мощности (MPPT).

Функция зависимости мощности от напряжения восстанавливается с помощью интерполяционного метода. Далее, используя аппаратно-программный комплекс определяется точка максимальной мощности, которая позволит получить оптимальное напряжение и ток зарядки аккумуляторной батареи космического аппарата.

Конфигурация системы и результаты моделирования выполнены в программном обеспечении MATLAB (Simulink). Полученные результаты применены в инженерной модели аппаратно-программного комплекса оптимизации поиска точки максимальной мощности (MPPT) для зарядки аккумуляторной батареи космических аппаратов. Также рассматривается вопрос возможного применения разработанного метода для наземных солнечных станций.

Software-hardware method of optimizing the charge of batteries in satellites in the solar-synchronous orbit

Syzdykov A.B., Kazbek S.B., Mukhamediyev A.S., Sakhanov K.Z.
NC "Kazakhstan Gharysh Sapary", Astana

At the moment, the power supply system of satellites uses two types of battery charge. The first method - direct energy transfer (DET) and the second - maximum power point tracking (MPPT).

Satellites for remote sensing of the Earth in low orbits are on the solar side with certain cyclicity, and the problem arises of rapid charging of the battery cells. The MPPT provides the ability to find the current and voltage at the current source (current power supply), at which the output power is maximized. A similar solution is needed to quickly charge the battery cells of the satellite.

Now, the tracking of the maximum power point - MPPT in satellites are implemented by hardware.

The purpose of this work is to create a hardware-software complex for controlling current and voltage using Newton’s (tangential) method for tracking the maximum power point (MPPT).

The dependency function of power versus voltage is restored using the interpolation method. Further, using the hardware-software complex, the maximum power point is determined, which allow to obtain the optimal voltage and charging current of the storage battery of the satellite.

The system configuration and simulation results are performed in the MATLAB (Simulink) software. The obtained results are applied in the engineering model of the hardware-software complex of searching optimization of the MPPT for charging the battery cells of the satellites. The question of the possible application of the developed method for terrestrial solar stations is also being considered.

Исследование принципов беспроводной передачи энергии

Терехин Н.А.
МАИ, г. Москва

В современном мире наблюдается тенденция все большего использования беспроводной передачи энергии. Эта технология передачи энергии может затрагивать все сферы деятельности, связанные с электропитанием, а именно: зарядка гаджетов, транспортных средств, работающие от электродвигателя, имплантируемых устройств в медицине, использование беспроводного источника энергии для освещения и др. На сегодняшний день известны 2 основных метода передачи энергии «по воздуху»:

• Электромагнитное излучение;

• Электромагнитная индукция.

Основными параметрами для передачи энергии являются расстояние, на которое можно передать энергию, и КПД, от которого зависит потери передаваемой энергии. Основная проблема заключается в том, что параметры зависят друг от друга: чем больше расстояние, тем больше потери. Большие потери между передатчиком и приемником образуются из-за рассеивания энергии, так как передатчик, например, катушка индуктивности, не может создать направленное магнитное поле. На основе вышеизложенного было проведено исследование, которое показало, что эффективность передачи энергии зависит от частоты переменного тока. При работе на этой частоте с мощностью 100 Вт, КПД передачи на 3, 4, 5 метров равняется 36.9%, 18.7%, 9.2%

соответственно. Для определения максимально эффективной передачи энергии были исследованы следующие параметры:

1. Размеры приемника и передатчика;
2. Длина электромагнитной волны;
3. Коэффициент связи;
4. Сопротивления обмоток;
5. Резонансная частота.

В дальнейшем будет проводится исследование, учитывающие еще не затронутые параметры, влияющие на эффективную передачу энергии. К концу 2020 года планируется представить работающее устройство, питающее устройства с потребляемой мощностью до 100Вт на расстоянии 10 метров.

Research of principles wireless energy transmission

Terekhin N.A.
MAI, Moscow

In the modern world, there is a tendency of increasing use of wireless power transmission. This technology of energy transmission can affect all spheres of activity related to power supply, namely: charging gadgets, vehicles powered by an electric motor, implantable devices in medicine, the use of a wireless energy source for lighting, etc. Nowadays, there are 2 main methods of energy transmission " by air»:

• Electromagnetic radiation;
• Electromagnetic induction.

The main parameters for the transmission of energy are power transmission distance and the efficiency output on which the dissipation of transmitted energy depends. The main problem is that the parameters depend on each other: the greater the distance, the greater the dissipation. Large dissipations between the transmitter and receiver are due to energy dissipation, as the transmitter, for example, an inductor, cannot create a directional magnetic field. Based on the above, research was conducted, which showed that the efficiency of energy transfer depends on the frequency of AC current. When operating at this frequency with a power of 100 W, the transmission efficiency to 3, 4, 5 meters is 36.9%, 18.7%, 9.2%, respectively. The following parameters were studied to determine the most efficient energy transfer:

1. The size of the receiver and transmitter;
2. Electromagnetic wave length;
3. Coupling coefficient;
4. Winding resistance;
5. Resonant frequency.

In the future, research will be conducted, taking into account the parameters not yet affected, affecting the effective transmission of energy. By the end of 2020, it is planned to present a working device that supplies devices with a watt consumption of prior to 100W at a distance of 10 meters.

Корректор коэффициента мощности звена постоянного тока инвертора с цифровым управлением

Толстых С.П.
МАИ, г. Москва

Включение в сеть нелинейных нагрузок, таких как инвертор, приводит к недопустимым помехам в питающей сети, повышая потери мощности и оказывает влияние на форму напряжения питания других потребителей. Среди основных способов подавления высших гармоник - использование корректоров коэффициента мощности (далее ККМ). ККМ обеспечивает потребление от сети входного тока, совпадающего по фазе с напряжением сети и имеющим практически синусоидальную форму тока независимо от уровня нагрузки, а также осуществляет преобразование напряжения в сети постоянного тока, питание питания инвертора стабильное напряжением постоянного тока.

Эффективность ККМ во многом определяется оптимальностью алгоритма ШИМ-управления. На данный момент большинство систем управления реализованы на базе серийного выпускаемых микросхем аналогового управления типа UCC28060 и им подобных, однако применение высокопроизводительных и относительно не дорогих микроконтроллеров позволяет реализовать более сложные, цифровые системы управления как ККМ, так и инвертором, на одном кристалле.

В работе проводится анализ основных силовых структур, выбор оптимального решения, с учетом масштабируемости схем от однофазного до 3х фазного исполнения; выполнено компьютерное имитационное моделирование как силовой части, так и замкнутой двухконтурной системы управления; Представлены методики построения структуры и алгоритмов управления системами на базе микроконтроллера TMS320 семейства C2000 Piccolo.

Переход на цифровое управление, упрощенная организация связи между его подсистемами, правами площадь печатной платы. В то же время цифровое управление В этом ряду принципиальных особенностей, таких как конечное разрешение дискретизации входных сигналов.

The corrector of the power factor of the DC link of the inverter with digital control

Tolstykh S.P.
MAI, Moscow

The inclusion in the network of non-linear loads, such as an inverter, leads to unacceptable interference in the supply network, increasing power losses and influencing the form of supply voltage of other consumers. Among the main methods of suppressing higher harmonics is the use of power factor correctors (hereinafter PFC). The PFC provides the input current from the mains network that is in phase with the mains voltage and has a virtually sinusoidal current form independent of the load level, and also converts the voltage in the DC network, the power supply to the inverter is stable with DC voltage.

The efficiency of the PFC is largely determined by the optimality of the PWM control algorithm. At the moment, most control systems are implemented on the basis of serial manufactured analogue control ICs such as UCC28060 and the like, but the use of high-performance and relatively inexpensive microcontrollers makes it possible to implement more sophisticated digital control systems, both PFC and inverter, on a single chip.

The work analyzes the main power structures, selects the optimal solution, taking into account scalability of circuits from single-phase to 3-phase execution; a computer simulation simulation of both the power part and a closed two-loop control system; Methods for constructing the structure and algorithms for controlling systems based on the TMS320 microcontroller of the C2000 Piccolo family are presented.

The transition to digital control, simplified organization of communication between its subsystems, the rights of the area of the printed circuit board. At the same time, digital control In this series of fundamental features, such as the final resolution of the sampling of input signals.

Ветрогенераторы нового поколения для автономных систем энергоснабжения

Трифонова Ю.С.
МАИ, г. Москва

Ветроэнергетика развивается быстрыми темпами в большинстве индустриально развитых стран. Это один из наиболее перспективных видов возобновляемой энергетики и направлений развития энергосберегающих технологий с практически неисчерпаемым потенциалом экологически чистой энергии.

Анализ существующих отечественных и зарубежных разработок в области ветроэнергетики показывает, что имеется ряд нерешенных проблем, связанных с повышением эффективности самой ветроэнергетической установки (ВЭУ), особенно при работе на резкопеременную нагрузку в условиях нестабильности ветрового потока.

В настоящее время 70% территории России находится в зоне децентрализованного электроснабжения. Поскольку большинство таких территорий расположено в регионах со среднегодовой скоростью ветра, не превышающей 4 м/с, то применение обычных ветрогенераторов зачастую оказывается экономически нецелесообразным.

Современные ветроустановки должны быть достаточно эффективными, чтобы оправдывать сложность конструкций, дороговизну их транспортировки, монтажа и ремонта. Поэтому возникла идея создания альтернативного направления развития ветроэнергетики, основанного на создании ВЭУ модульного типа.

Мультимодульная ветроэлектростанция представляет собой систему однотипных транспортабельных модулей небольшой мощности, конструктивно и функционально совместимых между собой, которые имеют единую систему управления.

В связи с потребностью уловить невысокие скорости ветра и получать на этих скоростях энергию, разрабатывались конструкции ВЭУ с увеличенным числом лопастей, приводящиеся в движение при небольших скоростях ветра. Мультимодульная ветроэлектростанция состоит из нескольких однотипных модулей, каждый из которых содержит комбинированное ветроколесо с одноступенчатым мультипликатором на общем с колосом валу.

Таким образом, предлагаемая конструкция ветроколеса существенно повышает эффективность процесса преобразования энергии ветрового потока в электроэнергию, т.к. оно всегда работает с максимальным коэффициентом использования ветра для каждой скорости ветра и высоким значением начального вращающего момента.

Литература:

1. Ветрогенераторы: классификация и типы, конструкция и схема работы (http://batsol.ru/vetrogeneratory-klassifikaciya-i-tipy-konstrukciya-i-sxema-raboty.html).

2. Обеспечение эффективной работы мультимодульной ветроэлектростанции при изменении скорости вера и нагрузки (https://science-education.ru/ru/article/view?id=11407).

New generation wind turbines for autonomous power supply systems

Trifonova J.S.
MAI, Moscow

Wind power is developing rapidly in most industrialized countries. This is one of the most promising types of renewable energy and the development of energy-saving technologies with virtually inexhaustible potential of clean energy.

The analysis of the existing domestic and foreign developments in the field of wind power shows that there are a number of unresolved problems associated with increasing the efficiency of the wind power plant itself, especially when working on a sharp variable load in conditions of instability of the wind flow.

Currently, 70% of the territory of Russia is in the zone of decentralized power supply. Since most of these areas are located in regions with an average annual wind speed not exceeding 4 m/s, the use of conventional wind turbines is often not economically feasible.

Modern wind turbines should be efficient enough to justify the complexity of the structures, the high cost of their transportation, installation and repair. Therefore, the idea of creating an alternative direction for the development of wind power, based on the creation of a modular type of wind power.

Multimodule wind power plant is a system of similar transportable modules of low power, structurally and functionally compatible with each other, which have a single control system.

In connection with the need to catch low wind speeds and receive energy at these speeds, the designs of wind turbines with an increased number of blades were developed, which are driven at low wind speeds. The multimodule wind power plant consists of several similar modules, each of which contains a combined wind wheel with a single-stage multiplier on a common shaft with a spike.

Thus, the proposed design of the wind wheel significantly increases the efficiency of the process of converting the energy of the wind flow into electricity, since it always works with a maximum wind utilization factor for each wind speed and a high value of the initial torque.

References:

1. Wind turbines: classification and types, design and operation scheme (http://batsol.ru/vetrogeneratory-klassifikaciya-i-tipy-konstrukciya-i-sxema-raboty.html).

2. Ensuring the effective operation of multi-modular wind power station when the velocity changes belief and the load (https://science-education.ru/ru/article/view?id=11407).

Автоматизированное создание микро-сервисной архитектуры для систем документооборота на основе онтологии

Трутнев В.Ю., Шаронов А.В., Максимов Н.А.
МАИ, г. Москва

С ростом сложности современных изделий и технологических процессов, объёмов производства применяются системы электронного документооборота. Такие системы обеспечивают быстрое функционирование и интеграцию всех подразделений и служб предприятия.

Системы документооборота, разработанные с применением предметно-ориентированного подхода и онтологий предметной области, масштабируемые до глобальных распределённых систем, чрезвычайно трудоемки при проектировании, разработке, внедрении, сопровождении.

Онтология определяет большое количество концептов и отношений, пытаясь получить максимально детализированное описание предметной области. Для системы документооборота автоматическое построение онтологии по коллекции документов сводится к задаче семантического, лингвистического поиска. Применение архитектуры микро-сервисов в таких системах позволит повысить гибкость системы при изменениях, сбалансировать работу групп разработчиков, обеспечить непрерывные циклы разработки на всех этапах жизненного цикла системы. Задача микро-сервиса - обработка небольшого подмножества данных, которые минимально пересекаются и зависят от других подмножеств данных. Для выделения таких подмножеств из онтологии следует применить методы кластеризации, учитывая ограничения: максимальное количество концептов в кластере, минимальное количество отношений между кластерами, допустимое количество кластеров. Для оптимизации архитектуры системы необходимо оптимизировать количество микро-сервисов и степень их связанности, уточнить исходную онтологию. Для получения требующегося набора микро-сервисов необходимо разработать небольшое количество типовых шаблонов микро-сервисов, например, построения таблиц, графиков, сводок, представлений данных, интерфейсов обмена данными и др. Используя такие шаблоны и онтологию можно автоматически сгенерировать необходимое множество микро-сервисов обеспечивающее решение атомарных задач при работе системы в целом. Для систем непрерывной интеграции или для проверки различных вариантов работы системы документооборота требуется разработка типовых шаблонов тестирования, которые также позволят автоматически сгенерировать набор тестов для проверки работоспособности микро-сервисов. Для работы системы документооборота требуются отдельные специфичные задачи, разработка которых на основе созданной онтологии невозможна или нецелесообразна в виду затрат, и такие задачи должны решаться с учётом общего архитектурного подхода.

Ontology-based automated creation of microservice architecture for document management systems

Trutnev V.Y., Sharonov A.V., Maksimov N.A.
MAI, Moscow

Today, in all industries, including the aerospace industry, electronic document management systems are being developed and applied. With the increasing complexity of modern products

and technological processes, production volumes, such electronic document management systems ensure the rapid action and integration of all departments and services of the enterprise.

The document management systems are developed using subject-oriented approach and ontologies of the subject area. So, these systems are extremely time-consuming in the design, development, implementation and maintenance.

The ontology defines a large number of concepts and relationships for the most detailed description of the subject area. For the document management system, the automatic-built ontology on a collection of documents is reduced to the issue of semantic and linguistic search. Using microservice architecture in such systems will increase system flexibility with changes, optimize work of development team, ensure continuous development cycles at all stages of the system life cycle. The issue of microservice is to process a small subset of data that is minimally intersected and depends on other data subsets. To highlight such subsets from the ontology, we use clustering methods with some restrictions: the maximum number of concepts in a cluster, the minimum number of relations between clusters, the allowable number of clusters. To optimize the system architecture, it is necessary to optimize the number of microservices and the degree of their connectedness, to clarify the initial ontology. To obtain the set of microservices, it is necessary to develop a small number of typical templates for microservices, such as creation tables, graphs, summaries, data representations, data exchange interfaces, etc. Using such templates and ontology, you can automatically generate the necessary set of microservices, which provide atomic tasks systems in general. For working the document management system may be required specific issues. Development of this issues with ontology-based approach is impossible, so such issues should be solved in the general microservice approach of system architecture.

Разработка онтологии города для использования в автономной навигации мобильных роботов

Трутнева Н.В., Максимов Н.А., Шаронов А.В.
МАИ, г. Москва

Основная сложность автономной навигации мобильных роботов в условиях городской среды заключается в том, что не всегда удается четко определить местоположение мобильного робота без использования точных координат, полученных от спутника (например, с помощью спутниковых навигационных систем GPS или ГЛОНАСС). Одним из вариантов решения данной задачи является использование онтологического подхода к созданию модели городской местности. Данный подход позволяет улучшить ориентацию на местности мобильного робота в рамках конкретного района города.

Для построения онтологии города было принято решение использовать аэрофотоснимки района города. Одной из особенностей городской застройки является то, что на аэрофотоснимках здания имеют, как правило, форму прямоугольника, что позволяет с достаточно высокой точностью определить, где на аэрофотоснимке находится здание. Для построения онтологии района города по аэрофотоснимкам, предлагается осуществить распознавание городской застройки на аэрофотоснимке (определить объекты онтологии – здания), а далее разработать полную онтологию городского района, где уже учитывать местоположение зданий относительно друг друга. Для выделения зданий на аэрофотоснимках предлагается использовать алгоритмы распознавания изображений.

На первом этапе создания онтологии – выделение зданий на снимке – предлагается произвести поиск прямых линий на аэрофотоснимке (был использован метод LSD), далее объединить их в прямоугольники и отфильтровать заведомо ложные контуры. Итогом проделанной работы будет аэрофотоснимок с выделенными прямоугольниками зданиями на нем.

На втором этапе создания онтологии происходит анализ расположения зданий на аэрофотоснимке относительно друг друга и краев снимка. Для этого, каждый объект онтологии (здание) наделяется рядом характеристик, которые позволяют однозначно определить данный объект на данном аэрофотоснимке. Затем добавляются связи между данными объектами, в которых указывается их расположения друг относительно друга на

снимке («выше», «ниже», «левее», «правее»). Таким образом, итогом второго этапа построения онтологии является онтология района города, построенная по аэрофотоснимку местности.

Разработанную онтологию можно использовать при автономном движении мобильного робота и уточнять его местоположение при движении в конкретном районе города.

City-ontology design for using in autonomous navigation of the mobile robots

Trutneva N.V., Maksimov N.A., Sharonov A.V.
MAI, Moscow

The main issue in autonomous navigation of mobile robots in urban environment is impossibility to determine location of mobile robots without coordinates from Satellite Navigation Systems (for example, GPS or GLONASS). One of the solutions of this problem is using an ontology approach to creating a model of an urban environment. This approach allows to improve the orientation of a mobile robot in specific area of the city.

In this paper, we use aerial photos of the district. A feature of the city building is that the buildings on aerial photos have the shape of rectangles. So, we determine the building on aerial photos with high definition. To build an ontology of the city district, it is proposed to recognize buildings on the aerial photos (identify buildings as ontology objects), and then develop full ontology of the urban area, with connections between ontology objects. For the selection of buildings on aerial photos it is proposed to use image recognition algorithms.

First, we highlight the buildings on the aerial photos. For this operation it is proposed to search for straight lines on the aerial photo (using LSD method), then combine these straight lines into rectangles and filter out false contours. The result of this work will be an aerial photo with highlighted buildings on it.

Second, we are considering the location of the buildings on the aerial photo relative to each other and the edges of the aerial photo. Each object of ontology (building) has some parameters that allow to unambiguously identify this object in this aerial photo. Then we add some connections between ontology objects such as "higher", "lower", "right", "left", etc. The result of this work will be an ontology of the city district, built on the aerial photo of the city.

The developed city-ontology can be used in autonomous navigation of a mobile robots and to specify location of the mobile robots in a specific area of the city.

Моделирование электропривода на основе трёхфазного БДПТ двигателя

Уманский А.А.
МАI, г. Москва

Одним из перспективных направлений развития авиационной техники, является - самолёт с полностью электрифицированным оборудованием (СПЭО). Реализация летательного аппарата с полностью электрифицированным оборудованием возможна при обеспечении его наилучшими характеристиками. Важную роль играют такие аспекты, как: снижение массы летательного аппарата путём комплексной миниатюризации, снижение затрат при обслуживании, увеличение надежности механизмов и энергетических систем, возможность использовать все функциональные узлы с максимальной полезной мощностью, и минимальным количеством потерь.

На данный момент в самолётах используется три вторичные энергетические системы: гидравлическая, пневматическая и система электроснабжения. Такое строение энергоснабжения для перспективных летательных аппаратов не оптимально. Оно требует существенных затрат на его эксплуатацию и вызывает трудности по сборке и установке бортового оборудования, в отличии от единой централизованной системы электроснабжения, используемой на СПЭО.

Привод – это устройство, необходимое для обеспечения заданного движения исполнительного механизма. В зависимости от энергии, необходимой для функционирования, выделяют следующие типы приводов: механический,

пневматический, гидравлический, электрический, а также комбинированный (электромеханический, гидромеханический и др.). Привод – наиболее энергозатратный узел, поэтому его замена на электрический в СПЭО наиболее критичен.

Привод руля высоты, традиционно использовавший гидравлическую систему, относится к одной из самых важных систем летательного аппарата (к системе управления аэродинамическими поверхностями и взлётно-посадочными устройствами.). Гидравлические привода, несмотря на ряд преимуществ имеют существенные недостатки связанные, как с эксплуатацией, так и с воздействием на окружающую среду.

В данной работе рассмотрено две модели электропривода руля высоты на основе трёхфазного бесконтактного двигателя постоянного тока, сделанные в разных средах (OrCad Pspice и MatLab Simulink). Получены результаты моделирования и проведен анализ, из чего следует, что для более точных результатов с минимальной затратой времени, в качестве среды для моделирования привода руля высоты на основе трехфазного бесконтактного двигателя постоянного тока подходит среда Simulink. Однако в среде Pspice предоставляется возможность для более детального разбора процессов в рассматриваемой модели электропривода.

Simulation of the electric drive based on a three-phase BDPT engine

Umanskiy A.A.
MAI, Moscow

One of the promising directions for the development of aviation technology is an airplane with fully electrified equipment (AEOS). The implementation of an aircraft with fully electrified equipment is possible while ensuring its best performance. An important role is played by such aspects as: reducing the mass of the aircraft through integrated miniaturization, reducing maintenance costs, increasing the reliability of mechanisms and energy systems, the ability to use all functional units with a maximum useful power, and a minimum number of losses.

Currently, the aircraft uses three secondary energy systems: hydraulic, pneumatic and power supply system. Such a structure of power supply for prospective aircraft is not optimal. It requires significant costs for its operation and causes difficulties in assembling and installing onboard equipment, in contrast to the unified centralized power supply system used in the XEP.

A drive is a device necessary to provide a given movement of the actuator. Depending on the energy required for operation, the following types of drives are distinguished: mechanical, pneumatic, hydraulic, electric, and also combined (electromechanical, hydromechanical, etc.). The drive is the most energy-consuming unit, therefore its replacement with the electric one in the SPEO is the most critical.

The elevator, which traditionally used a hydraulic system, is one of the most important systems of an aircraft (to the control system of aerodynamic surfaces and landing gears.).

Hydraulic actuators, despite a number of advantages, have significant drawbacks associated with both operation and environmental impact.

In this paper, two models of the elevator electric drive based on a three-phase non-contact DC motor made in different environments (OrCad Pspice and MatLab Simulink) are considered. Simulation results were obtained and analysis was carried out, which means that for more accurate results with a minimum expenditure of time, Simulink is suitable as a medium for simulating a rudder drive based on a three-phase non-contact DC motor.

However, in the Pspice environment there is an opportunity for a more detailed analysis of the processes in the considered model of the electric drive.

Оптимальная кусочно-гладкая аппроксимация траекторий непрерывных систем

Урюпин И.В.
МАИ, г. Москва

Рассматривается задача оптимальной аппроксимации непрерывной кривой траекториями переключаемой системы [1]. Аппроксимирующая траектория является кусочно-гладкой функцией и, как правило, не может совпадать с заданной непрерывной

кривой. Поэтому аппроксимирующая траектория составляется из нескольких гладких кривых. В момент перехода от одной гладкой кривой к другой происходит скачок производной, что соответствует переключению состояния системы. Затраты на каждое переключение системы учитываются в функционале качества. Требуется найти оптимальную траекторию системы для любого начального состояния. Количество переключений не задано и определяется при оптимизации.

Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм поиска оптимальной кусочно-гладкой аппроксимирующей траектории непрерывной системы. Алгоритм основан на достаточных условиях оптимальности и заключается в последовательном построении функции цены (функция Гамильтона – Якоби – Беллмана) по ее образующим [2].

В среде программирования Matlab разработан программный модуль, реализующий алгоритм оптимальной кусочно-гладкой аппроксимации с учетом количества переключений. Программа позволяет получать оптимальные траектории для любых начальных состояний. Получены численные решения академических примеров.

Литература:

1. Урюпин И.В. Синтез оптимальных кусочно-гладких аппроксимаций траекторий движения летательных аппаратов, Труды МАИ, 2018, №100. URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=93440

2. Бортаковский А.С. Достаточные условия оптимальности управления переключаемыми системами // Известия РАН. Теория и системы управления, 2017, №4. С.86-103.

Optimal piecewise smooth approximation of the trajectories of continuous systems

Uryupin I.V.

MAI, Moscow

The problem of optimum approximation of the continuous curve by trajectories of the switched system is considered [1]. The approximating trajectory is a piecewise smooth function and cannot coincide with the preset continuous curve. Therefore, the approximating trajectory is formed from several smooth curves. At the time of transition from one smooth curve to another, derivative jump occurs, that coincide with switching of a status of system. Costs for each system switching are accounted for in the functional quality. It is required to find the optimal trajectory of the system for any initial state. The number of switching is not specified and is determined during optimization.

To solve this problem, an algorithm for finding the optimal piecewise-smooth approximating trajectory of a continuous system was developed. The algorithm is based on sufficient conditions optimality and consists in the sequential construction of the price function (the Hamilton-Jacobi-Bellman function) along its generators [2].

In a programming environment of Matlab the software module realizing an algorithm of optimum piecewise smooth approximation considering the number of switching is developed. The program allows to receive optimum trajectories for any start states. Numerical solutions of the academic examples are received.

References:

1. Uryupin I.V. Sintez optimal'nykh kusochno-gladkikh approksimatsiy trayektoriy dvizheniya letatel'nykh apparatov, Trudy MAI, 2018, №100. URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=93440

2. Bortakovskiy A.S. Dostatochnyye usloviya optimal'nosti upravleniya pereklyuchayemymi sistemami // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya, 2017, №4. S.86-103.

Технологии виртуальной и дополненной реальности в РКК «Энергия»

Фадеев И.С., Авруцкий Е.В.
РКК «Энергия», г. Королёв

Внедрение технологий виртуальной и дополненной реальности в РКК «Энергия» осуществляется для реализации следующих целей: усовершенствование процесса создания изделий космической техники; уменьшение времени и затрат на проектирование, изготовление и отработку изделий; повышение качества процессов на каждом этапе создания и эксплуатации изделий.

В апреле 2017 года в РКК «Энергия» введен в эксплуатацию стенд виртуальной реальности. Стенд позволяет проводить детальный осмотр и демонстрацию сложных изделий, оценку возможностей монтажа оборудования в труднодоступных зонах в виртуальной среде. Т.е. не создавая материальный макет, возможно на стадии проектирования оценить конструкцию изделия, правильность интеграции бортового оборудования в общую сборку, компоновку бортовой кабельной сети, эргономику рабочего места космонавта, отработать технологию сборки и заранее устранить дорогостоящие ошибки. В результате работ на стенде были оптимизированы изделия Корпорации. Работы по оптимизации продолжаются и в настоящее время.

С 2018 года в РКК «Энергия» технология дополненной реальности планируется к использованию в качестве вспомогательной инструкции в сборочном процессе, для демонстрации справочной информации. В данный момент технология отрабатывается для применения в качестве инструмента авторского надзора, т.е. контроля автором за соблюдением всех требований при сборке относительно проектной документации.

В качестве эксперимента проводился контроль за прокладкой кабелей на изделии по трехмерной модели сборки. Кабели прокладывали по электронной модели сборки, по которой далее проводился контроль с использованием дополненной реальности.

Эксперимент показал практическую пригодность технологии дополненной реальности для дальнейшего использования, а так же показал ряд недостатков, связанных с использованием данной технологии на режимном объекте.

Technologies of virtual and augmented reality at RSC Energia

Fadeev I.S., Avrutskiy E.V.
RSC Energia, Korolev

Technologies of virtual and augmented reality are being introduced at RSC Energia in order to achieve the following objectives: Improving the space hardware development process; reducing product design, manufacturing and testing time and costs; improving the quality of processes during each stage in development and operation of the products.

In April 2017 RSC Energia put into service a virtual reality facility. The facility makes it possible to conduct a detailed visual inspection and demonstration of complex system, to evaluate the feasibility of installing equipment in hard-to-access areas in a virtual environment. That is, without constructing a physical mockup, it is possible, at the design phase, to evaluate the product structure, verify the integration of the onboard equipment into the overall assembly, the layout of the onboard cabling, the crew workstation ergonomics, develop the assembly procedure and avoid costly mistakes. The work at the facility resulted in an optimized Corporation products. The optimization work still continues at present.

Since 2018, RSC Energia plans to use augmented reality technology as additional guidance in the assembly process to display reference information. At present the technology is being tried out for use as a tool of designer supervision, that is, supervision by the designer that all the requirements of design documentation are met during assembly process.

As an experiment, installation of cables into a vehicle was monitored using a 3D model of the assembly. Cables were routed per the electronic model of the assembly, which was then used to run checks using augmented reality.

The experiment has demonstrated the practicality of further use of the augmented reality technology, as well as revealed a number of drawbacks related to the use of this technology in a high-security plant.

Сервисные платформы на основе открытых контактов для подзарядки аккумуляторов беспилотных летательных аппаратов

Фетисов В.С., Фетисов В.С., Кильметов Р.А.
УГАТУ, г. Уфа

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с электрической силовой установкой часто ограничивается их коротким временем полета вследствие ограниченной энергоемкости аккумуляторов. Эта проблема особенно остра для аппаратов с вертикальным взлетом-посадкой (мультикоптеров, вертолетов и некоторых аппаратов гибридных типов - гирокоптеров, конвертопланов), отличающихся большими энергозатратами по сравнению с аппаратами самолетного типа.

Из всех известных способов продления времени активной работы БПЛА наиболее простым решением является периодическое приземление аппарата на специализированную станцию, на которой производится подзарядка аккумуляторов.

Известны такие зарядные станции с платформами контактного типа, среди которых выделяются особо платформы на основе открытых контактных площадок. В их основе – множество плоских наземных электродов с большой общей площадью, на которые опускаются при посадке аппарата бортовые электроды. При этом должна быть обеспечена правильная полярность электродов при их подключении и исключаться короткое замыкание источников (бортовых и наземных).

Авторами предложена схема построения такой посадочной платформы, в которой электроды представляют собой плоскопараллельные металлические полосы, разделенные тонкими диэлектрическими промежутками, половина полос подключена к положительному полюсу зарядного источника, а другая половина – к отрицательному, причем их полярности чередуются. Бортовые электроды подключены через диодный распределитель к бортовому зарядному устройству, а оно соединено с аккумулятором.

Благодаря особому запатентованному расположению бортовых электродов исключено замыкание ими соседних полос на платформе, а главное, что при произвольном расположении аппарата на платформе практически исключена ситуация совпадения полярности всех четырех бортовых электродов.

Предложенная схема отличается простотой и низкой стоимостью реализации. При этом возможны посадка аппарата на любом участке платформы и одновременное обслуживание группы БПЛА.

Service platforms on the basis of open contacts for unmanned aerial vehicles accumulators charging

Fetisov V.S., Fetisov V.S., Kilmetov R.A.
USATU, Ufa

Applications of unmanned aerial vehicles (UAV) with electric propulsion are often limited by short flight time due to small energy capacity of onboard accumulators. Especially this problem is urgent for UAVs with vertical take-off-and-landing (multicopters, helicopters and some vehicles of hybrid types – gyrocopters, convertiplanes) which are more energy-intensive than planes.

The simplest decision among all known methods of UAVs active operation time extension is periodical landing onto special station for charging UAVs accumulators.

Charging stations with landing platforms of contact type are known. Among them platforms on the basis of open contact pads stand out especially. Such platforms are formed by multiple flat above-ground electrodes of large total area on which UAV onboard electrodes descend after landing. During landing correct polarity of electrodes must be obtained and short-circuit of onboard and terrestrial sources must be excluded.

Authors propose landing platform which are based on plane-parallel metal strips connected to a charging source so that polarities of the strips are interlaced. The special distributing diode circuit provides correct connecting onboard landing electrodes, which contact with the landing platform strips, to the onboard charging controller with the accumulator pole terminals.

Special geometrical analysis of onboard landing electrodes positioning was carried out. As a result, some practical recommendations on choosing acceptable configurations of onboard landing electrodes are formulated. Such configurations have to exclude possibility of landing of all electrodes on the strips with the same polarity.

The advantages of the proposed landing platforms are: the simplicity of realization, the unnecessity of accurate UAV positioning during landing, the possibility of service for a group of UAVs simultaneously.

Обеспечение электромагнитной совместимости бортовых радиостанций самолета

Филиппов Е.И.
МАИ, г. Москва

В докладе изучается проблема обеспечения электромагнитной совместимости бортовых радиостанций самолета. Наблюдения за ростом численности радиоэлектронных средств (РЭС) показывают, что с каждым годом число действующих радиотехнических станций (РТС) увеличивается. Так, каждые пять лет возрастает количество передвижных радиостанций в два раза. Еще быстрее растет число радиолокационных станций (РЛС). Также наблюдается тенденция к уменьшению пространства, в котором находится РТС. В большей степени это относится к бортовым системам, которые обычно располагаются на самолетах, кораблях и спутниках. Кроме этого в настоящее время заметно увеличивается мощность излучения РЭС.

Из-за своей неидеальности радиопередающие устройства, кроме основного канала излучения сигнала, имеют в своем спектре неосновное излучение: побочные гармоники и субгармоники. Их уровень мощности составляет 50...90 дБ и может доходить до сотен Ватт, в то время чувствительность современных приемников на несколько порядков выше и составляет -130...-160 дБ·Вт. В связи с этим становится весьма актуальной проблема электромагнитной совместимости приемного и передающего устройства РТС, связанная с их взаимным влиянием друг на друга.

Основные причины усугубления электромагнитной обстановки, приводящие к проблеме возникновения ЭМС:

• Непрекращающийся рост числа действующих РТС;

• Повышение мощности излучения передатчиков и чувствительности приемников;

• Локализованное пространство, в котором размещаются бортовые РТС, а также увеличение сложности решаемых задач, этими системами;

• Стремительный прирост числа действующих помех на самолетных и спутниковых РТС;

• Уменьшение размеров радиоаппаратуры;

• Повышение уровня помех от радиотехнических, радиоэлектронных и энергетических средств.

В результате проведенных расчетов и моделирования, была получена методика оценки коэффициентов связи (развязки) приемо-передающих антенн бортовых радиостанций самолета.

Ensuring electromagnetic compatibility of onboard radio stations of the plane

Filippov E.I.
MAI, Moscow

In the report the problem of ensuring electromagnetic compatibility of onboard radio stations of the plane is studied. Overseeing by body height of number of radio-electronic tools (RES) shows that every year the number of operating radio engineering stations (RTS) increases. So, each five years the number of mobile radio stations increases twice. Even quicker the number of

radar stations (radar station) grows. Also the tendency to decrease of space in which there is RTS is observed. More it falls into to onboard systems which usually are located by planes, the ships and satellites. Besides now RES radiation power considerably increases.

Because of the not ideality the radio-transmitting devices, except the main channel of radiation of a signal, have nonbasic radiation in the range: the secondariest harmonicas and subharmonics. Their power level is 50...90 dB and can reach hundreds of Watts, at that time the sensitivity of the modern receivers several orders higher and is-130...-160 dB·W. In this regard there is very relevant a problem of electromagnetic compatibility of the receiving and sending device of RTS, the bound to their interference at each other.

The main reasons for aggravation of an electromagnetic situation leading EMS to an emergence problem:

• Continuous body height of number of operating RTS;

• Increase in power of radiation of transmitters and sensitivity of receivers;

• The localized space in which onboard RTS and also increase in complexity of solvable tasks, these systems is placed;

• A precipitant increase of number of operating hindrances on plane and satellite RTS;

• Decrease of the sizes of the radio equipment;

• Increase in an interference level from radio engineering, radio-electronic and power tools.

As a result of the carried-out calculations and model operation, the technique of assessment of coupling coefficients (outcome) of send-receive antennas of onboard radio stations of the plane was received.

Методика снижения вероятности возникновения случайных отказов при контроле сложных объектов

Халявина А.А.
МАИ, г. Москва

Наличие качественного программного обеспечения и надежных аппаратных средств контрольных систем является необходимым, но не достаточным условием для обеспечения высокой эффективности контроля и диагностирования сложных электронных устройств. Несмотря на значительный уровень автоматизации контрольно-диагностического оборудования остается обязательным условием высокая профессиональная подготовка лица принимающего решения, в случае возникновения отказа. В ряде случаев квалификации эксперта или аналитика не достаточно и причину отказа может определить только группа разработчиков.

Использование методов резервирования является дорогостоящим решением и существенно увеличивает массо-габаритные характеристики системы контроля.

Актуальным является поиск решений для разработки методик, в основе которых лежит совместное использование контрольно-диагностического программного обеспечения, экспертных систем и принцип перестраиваемой структуры контрольных тестов. Основными требованиями к таким системам являются: высокая глубина контроля и диагностирования, точность диагностирования, возможность расширения и т.д.

При этом на практике в основном возникают такие ситуации, при которых качество оценивается не одним параметром, а несколькими показателям. Таким образом, задача становится многокритериальной и требует разработки более сложных математических моделей обеспечивающих перебор всех возможных вариантов состояния блоков системы для повышения точности определения причин отказа.

Разработанные методики учитывают возможность влияния отказов системы контроля на результат контрольного теста и используют реконфигурируемые алгоритмы. Использование таких методик повышает уровень надежности и такие характеристики, как гибкость при решении задач анализа и идентификации технического состояния сложных электронных устройств различного применения, а также уменьшает время на поиск и идентификацию причин отказа.

Methods of reducing the probability of fortuitous failures in the control of complex objects

Halyavina A.A.
MAI, Moscow

The availability of high-quality software and reliable hardware control systems is a necessary but not sufficient condition to ensure high efficiency control and diagnosis of complex electronic devices. Despite the significant level of automation of control and diagnostic equipment remains a prerequisite for high professional training of the decision-maker, in case of failure. In some cases, the qualification of an expert or analyst is not enough and only the development team can determine the cause of the failure.

The use of backup methods is an expensive solution and significantly increases the mass-dimensional characteristics of the control system.

It is important to find solutions for the development of methods based on the joint use of control and diagnostic software, expert systems and the principle of tunable structure of control tests. The main requirements for such systems are: a high depth of control and diagnosis, the accuracy of diagnosis, the possibility of expansion, etc.

At the same time, in practice, there are mainly situations in which the quality is estimated not by one parameter, but by several indicators. Thus, the problem becomes multi-criteria and requires the development of more complex mathematical models providing a search of all possible variants of the state of the system blocks to improve the accuracy of determining the causes of failure.

The developed methods take into account the possibility of the impact of failures of the control system on the result of the control test and use reconfigurable algorithms. The use of such techniques increases the level of reliability and characteristics such as flexibility in solving problems of analysis and identification of the technical condition of complex electronic devices for various applications, as well as reduces the time to find and identify the causes of failure.

Моделирование процесса магнитно-импульсной сварки элементов конструкций летательных аппаратов с использованием САПР Autodesk Inventor

Харитоненков А.И., Хорошко А.Л., Старчаус В.С., Хорошко Л.Л.
МАИ, г. Москва

Трубопроводы являются неотъемлемой частью конструкций летательных аппаратов. Основными областями применения трубопровода являются топливная система, противопожарная, противообледенительная и другие. В зависимости от назначения системы самолёта, трубопроводы могут транспортировать жидкость или газ. Утечка содержимого из трубопроводных систем самолета, может оказаться фатальной. Во избежание возникновения таких ситуаций необходимо обеспечивать герметичность соединений. Также важными ключевыми требованиями являются обеспечение вибропрочности, технологичности производства и обеспечение минимальной массы изделия. Применение алюминиевых сплавов в процессе создания позволяет достигнуть заданных требований, а также данный материал хорошо поддаётся сварке.

Сварка является одним из основных видов соединения трубопроводов, так как обеспечивает герметичность, а также прочность соединения трубопроводов.

В рамках данной работы был произведен процесс магнитно-импульсной сварки осесимметричных конструкций летательных аппаратов. Данный тип сваривания, является разновидностью сварки взрывом. Процесс сварки заключается в том, что свариваемые детали помещаются в индуктор. В индукторе, а также в наружной детали возникают магнитные линии, которые противодействуют друг другу. Вследствие этого деталь отталкивается от индуктора, деформируется и сваривается с другой деталью.

Преимуществами магнитно-импульсной сварки является простота управления процессом, возможность автоматизировать процесс, а также отсутствие агрессивной среды.

Имитация процесса производится в программном продукте Autodesk Inventor. Процесс 3D моделирования состоял из вращения внутренней трубы, вращения вала и захвата двигателя, а также деформации внешней трубы. С помощью трехмерного моделирования данного процесса проведена проверка соединения трубопровода на герметичность и прочность соединяемой конструкции. Использование данного подхода позволяет сократить время, затраченное на расчеты и избежать ошибок в проектировании.

Modeling the process of magnetic-pulse welding of structural elements of aircraft using CAD Autodesk Inventor

Kharitonenkov A.I., Khoroshko A.L., Starchaus V.S., Khoroshko L.L.
MAI, Moscow

Pipelines are an integral part of aircraft structures. The main areas of application of the pipeline are fuel, fire protection, anti-icing and other systems. Depending on the purpose of the aircraft system, pipelines may transport liquid or gas. Leaking content from an aircraft's piping systems can be fatal. To avoid such situations, it is necessary to ensure the tightness of the connections. Also, important key requirements are the provision of vibration strength, manufacturability of production and ensuring the minimum mass of the product. The use of aluminum alloys in the process of creating allows you to achieve specified requirements, and this material is well amenable to welding.

Welding is one of the main types of pipeline connections, as it provides tightness as well as pipeline connection strength.

As part of this work, the process of magnetic-pulse welding of axisymmetric structures of aircraft was carried out. This type of welding is a type of explosion welding. The welding process is that the parts to be welded are placed in the inductor. In the inductor, as well as in the outer parts, magnetic lines arise, which counteract each other. As a result, the part is repelled from the inductor, deformed and welded with another part.

The advantages of magnetic-pulse welding are the simplicity of process control, the ability to automate the process, as well as the absence of an aggressive environment.

The process is simulated in the software product of Autodesk Inventor. The 3D modeling process consists of rotating the inner tube, rotating the shaft and gripping the engine, and also deforming the outer tube. Using three-dimensional modeling of this process, the pipeline connection was checked on tightness and durability of connected structure. Using this approach allows you to reduce the time spent on calculations and to avoid errors in design

Тензочувствительный модуль из кварцевого стекла

Хейн Т.З., Мельников В.Е.
МАИ, г. Москва

Рассмотрена возможность создания прецизионного твердотельного тензочувствительного модуля, в качестве основного конструкционного материала которого используется кварцевое стекло. Выбор в качестве материала функционально необходимых механических узлов первичного и вторичного преобразователей обусловлен уникальными электромеханическими свойствами этого материала.

Кварцевое стекло обладает уникально высокой температурной стабильностью линейных размеров (температурный коэффициент α линейного расширения на уровне 0.5×10-6 1/°C), минимально возможным гистерезисом характеристики, Г<10-6÷10-7, более чем на три порядка меньшим, чем у лучших упругих металлических материалов. Имеет высокую прочность и температурные коэффициенты модулей упругости первого αE и второго αG рода вплоть до температуры 500÷600 °C. Высокая температура плавления на уровне 3000 1/°C.

Не критичность к тепловым ударом и локальным перегревам отдельных участков кварцевых элементов позволяет создавать монолитные конфигурации функционально необходимых узлов методами точечной сварки, с использованием кислородно-водородной, лазерной или электронно-лучевой сварки.

Проведено оценка температурных инструментальных погрешностей. Показано, что при изменении температуры окружающей среды в диапазоне ±40 °С погрешность не превышает ±0,2%.

Проведены расчеты силовых характеристик первичного и вторичного кварцевых преобразователей, образующих монолитную конструкцию при гарантированных коэффициентах запаса прочности kз на уровне 5÷16 и при различной конфигурации первичного преобразователя предельно допустимая нагрузка может достигать (50÷150) кН, а упругая деформация – (10÷16) мкм. Этого достаточно, чтобы использовать вторичные измерители упругой деформации емкостного или струнного типа формирующие частотозависимый выходной сигнал или в код.

Совокупно первичный и вторичные кварцевые преобразователи образует монолитный тензочувствительный модуль, как единый функционально завершенный узел, многофункционального назначения. В честности как базовый элемент весо-массоизмерительной системы для оперативного определения взлетного веса ЛА и иных колесных подвижных объектов.

Strain sensing module made of fused-silica

Hein T.Z., Melnikov V.Y.
MAI, Moscow

The possibility of creating a precision solid-state strain-sensitive module is designed, as the main structural material of which is used fused-silica. The choice of the functionally necessary mechanical components of the primary and secondary transducers as a material is determined by the unique electromechanical properties of this material.

Fused-silica owns a unique high temperature stability of linear dimensions (temperature coefficient α of linear expansion at the level of 0.5 × 10-6 1/°C), the minimum possible hysteresis characteristics, Г < 10-6 ÷ 10-7, more than by three factors of thousand lower than that of the best elastic metallic materials. Possess high strength and temperature coefficients of the elastic moduli of elongation αE and the rigidity αG up to a temperature of 500÷600°C. High melting point is at 3000 1/°C.

Non-criticality to thermal shock and local overheating of individual parts of quartz elements allows creating monolithic configurations of functionally necessary assemblies by spot welding methods, using of oxygen-hydrogen, laser or electron-beam welding.

The temperature instrumental errors were estimated. It is shown that when the ambient temperature varies within ± 40 °C, the error does not exceed ± 0.2%.

The power characteristics of the primary and secondary quartz converters forming a monolithic structure with guaranteed safety factors kз at the level of 5÷16 are calculated and for various configurations of the primary transducer the maximum permissible load can reach (50 ÷ 150) kN, and the elastic deformation - (10 ÷ 16) μm. This is sufficient to use secondary elastic strain gauges capacitive or string type forming a frequency-dependent output signal or into code.

The combined primary and secondary quartz transducers form a monolithic strain-sensitive module, as a single functionally complete unit, multifunctional purpose. In particular, it is the basic element of a weight-measuring system for the operational determination of the take-off weight of aircraft and other wheeled moving objects.

Усовершенствованный метод последовательных приближений в задаче синтеза субоптимального управления движением центра масс стационарного спутника Земли

Хоанг Ву Тан, Федоров А.В.
МАИ, г. Москва

Рассматривается задача управления движением центра масс КА при переводе из одной точки опорной орбиты в другую в процессе обслуживания геостационарных спутников. Для маневрирования используются двигатели малой тяги. В результате линеаризации исходных уравнений движения получают квази-линейную дискретную модель коррекции. Модель формально линейна по векторам состояния и управления. Вектор управления

содержит приращения характеристической скорости в орбитальной системе координат, а его модуль определяет время работы двигателя, которое входит в выражения коэффициентов уравнений движения. Это обстоятельство не позволяет использовать известный алгоритм линейно-квадратичного синтеза непосредственно. Поэтому достаточные условия оптимальности при синтезе необходимо применять в рамках метода последовательных приближений. При этом матрицы коэффициентов уравнений движения замораживаются.

Сходимость метода последовательных приближений практически не исследовалась. Следует ожидать, что она напрямую связана с удачностью начального приближения. В монографиях [1, 2, 3] предложено задавать нулевые начальные длительности активных участков, что соответствует импульсной тяге. При очень малой тяге двигателя это вряд ли можно признать удачным.

Предлагается усовершенствовать метод последовательных приближений применением специального алгоритма генерации начального приближения с целью повышения вероятности сходимости решения. Алгоритм определяет профиль оптимальной траектории, оценивает потребное количество коррекций снизу и формулирует правила назначения последовательностей активных и пассивных участков.

Библиография:

1. Решетнев М.Ф., Лебедев А.А., Бартенев В.А. и др. Управление и навигация искусственных спутников Земли на околокруговых орбитах. – М.: Машиностроение, 1988. – 336 с.

2. Лебедев А.А., Красильщиков М.Н., Малышев В.В. Оптимальное управление движением космических летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1974.

3. Бобронников В.Т., Красильщиков М.Н., Козорез Д.А., Лебедев А.А., Малышев В.В., Сыпало К.И., Федоров А.В. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов. – М.: Альянс, 2013. – 468 с.

An improved method of successive approximations in the problem of synthesis of suboptimal control of the motion of the center of mass of a stationary Earth satellite

Hoang Vu Tan, Fedorov A.V.
MAI, Moscow

The problem of motion control task of the center of mass of a spacecraft during transfer from one point of the parking orbit to another in the process of servicing geostationary satellites is considered. For maneuvering, low thrusters are used. As a result of linearization of the initial equations of motion, a quasi-linear discrete correction model is obtained. The model is formally linear in the state and control vectors. The control vector contains the increments of the relative velocity in the orbital coordinate system, and its module determines the operating time of the engine, which is included in the expression of the coefficients of the equations of motion. This circumstance does not allow the use of the known algorithm for linear-quadratic synthesis directly. Therefore, sufficient optimality conditions in the synthesis must be applied within the framework of the method of successive approximations. In this case, the matrices of coefficients of the equations of motion are frozen.

The convergence of the method of successive approximations has not been investigated in practice. It should be expected that it is directly related to the success of the initial approximation. In monographs [1, 2, 3] it is suggested to specify zero initial durations of active trajectory, which corresponds to impulse thrust. At very low engine thrust it can hardly be considered successful.

It is proposed to improve the method of successive approximations by using a special algorithm for generating the initial approximation in order to increase the probability of convergence of the solution. The algorithm determines the optimal trajectory profile, estimates the required number of corrections from below, and formulates the rules for assigning sequences of active and passive trajectories.

Bibliography:

1. Решетнев М.Ф., Лебедев А.А., Бартенев В.А. и др. Управление и навигация искусственных спутников Земли на околокруговых орбитах. – М.: Машиностроение, 1988. – 336 с.

2. Лебедев А.А., Красильщиков М.Н., Малышев В.В. Оптимальное управление движением космических летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1974.

3. Бобронников В.Т., Красильщиков М.Н., Козорез Д.А., Лебедев А.А., Малышев В.В., Сыпало К.И., Федоров А.В. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов. – М.: Альянс, 2013. – 468 с.

Метод оценки деформации печатной платы

Хомутская О.В., Ванцов С.В., Васильев Ф.В., Медведев А.М.
МАИ, г. Москва

Повышение плотности монтажа печатных плат (ПП), уменьшение размеров монтажных и переходных отверстий, а также размеров контактных площадок приводит к увеличению требованием к точности позиционирования элементов печатной платы. Особенно важным это требование становится в производстве многослойных плат, в которых несовмещение слоев может привести к неисправимому производственному браку. В ходе производственного процесса происходит деформации композитного материала ПП, которая может привести к существенному снижению точности позиционирования элементов.

Определение деформации производится посредством отклонения положения реперных знаков и сквозных отверстий на заготовке.

Основными недостатками существующих методов определения деформации ПП, являются: высокая стоимость реализации, низкая производительность и неполное покрытие контролем поверхности печатной платы.

В основном преодолеть эти недостатки дает возможность разработанный метод оценки уровня деформации, который позволяет:

1. ускорить процесс оценки деформации платы;
2. частично исключить человеческий фактор;
3. увидеть направление деформации и дать ей количественную оценку;
4. выявить очаги наибольшей деформации

Метод предполагает получение изображения ПП перед каждым этапом технологического процесса и сравнение этих изображений с эталонным, которое получают после этапа сверления сквозных отверстий.

Предложенный метод позволяет определять и оценивать уровень деформации ПП без применения на нее физических воздействий. Метод предполагает работу на реальных ПП в отличие от методов обсчета математической модели деформации ПП в CAE системах. Несомненным достоинством метода является низкая стоимость реализации и высокая скорость обработки анализируемых данных. Изложенное обуславливает полезность метода для целей расчета деформаций ПП в производственных условиях.

Estimation method for deformation of printed circuit board

Khomutskaya O.V., Vancov S.V., Vasiliev F.V., Medvedev A.M.
MAI, Moscow

Growth of the component density in assembling of printed circuit boards (PCB), size reduction for holes (mounting and transitional) and pads enhance requirements for positional accuracy of PCB components. Such requirements are especially important in production of multi-layer boards, in which/when the layers incompatibility may result in an irreparable spoilage in production. The PCB composite material deforms during production process, and that may deteriorate accuracy of elements positioning significantly.

Detection/measurement of deformation is done by the detection of deviation of reference marks from holes positions on the workpiece.

Main disadvantages of existing methods for detection of PCB deformation are: high implementation costs, low productivity and insufficient/not fully controlled PCB surface area.

The developed estimation method for the deformation degree allows:

1. accelerate/optimize process of deformation evaluation;
2. reduce potential human errors / partially prevent human error;
3. visualize deformation direction and quantitatively evaluate it;
4. identify the maximal deformation site

The method employs PCB imaging before every next stage of the process and comparing these images with the reference ones, reference images are done after the drilling of through holes (in PCB).

Proposed method allows detection of PCB deformation and evaluation of PCB deformation level without applying physical effects on the board. The method is intended for operations with real PCB unlike CAE systems calculating methods. The undoubted advantages of the method are the low implementation cost and speed of data processing. All above mentioned points/items support usefulness of PCB deformation calculating method in production environment.

Системы управления механизмами параллельной структуры, используемых при добыче полезных ископаемых

Хоперсков А.А., Филиппов О.С., Филиппов Г.С.
МАИ, г. Москва

В настоящее время весьма остро стоит вопрос специализированного оборудования, применяемого при добыче полезных ископаемых. Развитие отечественных технологий отстаёт от мирового уровня и существенно зависит от зарубежных разработок. Руководство России уделяет значительное внимание снижению зависимости от импортных поставок научного, испытательного оборудования, приборов и электронных компонентов.

В геологоразведке и добыче углеводородов важную роль играет геомеханическое моделирование процесса бурения и разработки месторождений. Часто возникают ситуации, в которых путь ствола скважины от земной поверхности до месторождения является сложным, что порождает дополнительные сложности в методах бурения и добычи. Они могут заключаться в труднодоступности возникающих участков дополнительной обработки и сложностью методов манипулирования для их устранения.

Авторы принимают активное участие для решения данной проблемы. Был синтезирован ряд механизмов параллельной структуры, которые позволяют перемещать манипулятор в сложных условиях через небольшие каналы входа. Важной проблемой является разработка системы управления механизмом, сочетающая в себе решение ряда сопутствующих задач. Они включают в себя решение задачи положений, скоростей и динамики, учёт возможных ошибок, обратную связь.

Применение механизмов параллельной структуры при бурении и разработке месторождений углеводородов может позволить снизить зависимость отечественной промышленности от импортных поставок и значительно увеличить возможности добычи полезных ископаемых.

Control systems of parallel structure mechanisms used in mining

Khoperskov A.A., Filippov O.S., Filippov G.S.
MAI, Moscow

Currently, the issue of specialized equipment used in the extraction of minerals is very acute. The development of domestic technologies lags behind the world level and is significantly dependent on imports. The Russian leadership pays considerable attention to reducing dependence on imported scientific, testing equipment, devices and electronic components.

Geomechanical modeling of drilling and field development plays an important role in the exploration and production of minerals. Often there are situations in which the path of the mine from the earth's surface to the field is difficult, which creates additional difficulties in the

methods of drilling and development. They can consist in the inaccessibility of emerging areas of additional processing and the complexity of manipulation methods to eliminate them.

The authors take an active part in solving this problem. A number of mechanisms of parallel structure were synthesized, which allow moving the manipulator in difficult conditions through small input channels. An important problem is the development of a mechanism management system that combines solutions to a number of related tasks. They include solving the problem of positions, speeds and dynamics, taking into account possible errors, feedback.

The use of parallel structure mechanisms in the drilling and development of hydrocarbon deposits can reduce the dependence of domestic industry on imports and significantly increase the possibility of mining.

Геометрическое, твердотельное параметрическое и поверхностное моделирование сложных систем и изделий авиационной и ракетно-космической техники

Хорошко А.Л., Хорошко Л.Л.
МАИ, г. Москва

Использование программных комплексов для трехмерного моделирования позволяет создавать сложные геометрические модели объектов, а также проводить динамическое моделирование технологического процесса изготовления различных конструкций, состоящих из множества элементов в режиме реального времени. В качестве универсальных компонент используются системы T-Flex CAD, SolidWorks, 3DS, Autodesk Inventor, AutoCAD и др. Применение этих программно-аппаратных комплексов для построения моделей в 2D и 3D постановке позволяет автоматизировать процесс проектирования сложных систем, а на основе имитационного моделирования проследить изменение всех параметров объектов: их формы, размеров, пространственного положения, характеристик материалов и т.д. Для изучения кинематики процесса сборки используются программные системы трехмерной компьютерной графики Autodesk Inventor, T-Flex CAD и SolidWorks. Использование этих программных комплексов позволило не только создать широкий класс деталей, соединений и конструкций, но и смоделировать процесс кинематики в режиме реального времени. Для моделирования трехмерных объектов сложной геометрической формы используются различные категории объектов: «Геометрия», «Формы», «Объемные деформации» и т.д.

Используя эти и другие категории объектов, а также широкий набор средств, позволяющих обеспечить необходимую точность моделирования, создаются сложные геометрические модели объектов, состоящие из множества элементов. Возможности, обеспечиваемые данными программными системами, позволили выполнять моделирование трехмерных объектов с учетом реальных деформаций оболочки, имитирующих различные силовые воздействия. Т.о. моделирование выполнялось с учетом физических характеристик материалов поверхности объектов, таких как упругость, коэффициент статического трения и трения скольжения, а также физического воздействия на объекты, таких как давление, имитируемое источниками объемных деформаций, столкновения объектов, результаты которых зависели от скоростей объектов и физических свойств их поверхностей. Применение CAD систем позволило создать многоуровневые 3D модели, цифровые чертежи и проводить моделирование динамических процессов на всех стадиях производства и эксплуатации сложных изделий авиационной техники.

Geometric, solid-state parametric and surface modeling of complex systems and products of aviation and rocket-space technology

Khoroshko A.L., Khoroshko L.L.
MAI, Moscow

The use of software complexes for three-dimensional modeling allows you to create complex geometric models of objects, as well as to conduct dynamic modeling of the technological process of manufacturing various designs, consisting of many elements in real time. The T-Flex CAD, SolidWorks, 3DS, Autodesk Inventor, AutoCAD and other systems are used as universal

components. The use of these hardware and software systems for building models in 2D and 3D formulation allows you to automate the design process of complex systems, and, based on simulation modeling, track the changes all parameters of objects: their shape, size, spatial position, characteristics of materials, etc. To study the kinematics of the assembly process, three-dimensional computer graphics software systems Autodesk Inventor, T-Flex CAD and SolidWorks are used. The use of these software systems allowed not only to create a wide class of parts, connections and structures, but also to simulate the kinematic process in real time. To simulate three-dimensional objects of complex geometric shape, various categories of objects are used: “Geometry”, “Forms”, “Volumetric deformations”, etc.

Using these and other categories of objects, as well as a wide range of tools to ensure the necessary accuracy of modeling, complex geometric models of objects are created, consisting of many elements. The possibilities provided by these software systems allowed us to carry out modeling of three-dimensional objects taking into account the real deformations of the shell, simulating various force effects. So The simulation was carried out taking into account the physical characteristics of materials on the surface of objects, such as elasticity, static friction coefficient and sliding friction, as well as physical effects on objects, such as pressure simulated by sources of volumetric deformations, collisions of objects, the results of which depended on the velocities of objects and the physical properties of their surfaces. The use of CAD systems made it possible to create multi-level 3D models, digital drawings and carry out modeling of dynamic processes at all stages of the production and operation of complex aircraft products.

Авиационная система генерирования переменного тока повышенной мощности

Чикучинов Е.М.
МАИ, г. Москва

Мощность авиационных систем электроснабжения самолётов постоянно возрастает. Электротехнические устройства выполняют многие функции, которые прежде выполняли гидравлические и пневматические системы, включая запуск авиадвигателей. В связи с этим неуклонно растёт количество единиц оборудования, потребляющих электроэнергию. Суммарная установленная мощность бортовых источников электроэнергии достигает порядка 1500 кВА, а единичная мощность генератора 250 кВА.

Система генерирования должна иметь высокие массогабаритные и энергетические показатели. Необходимые значения этих показателей достигаются за счет повышения частоты вращения генераторов, увеличения электромагнитных, тепловых и прочностных нагрузок, применения эффективной системы охлаждения, использования совершенных активных и конструкционных материалов.

В системах электроснабжения переменного тока при мощности на уровне 100 кВА наиболее эффективным является использование синхронных генераторов с электромагнитным возбуждением в системе с приводом постоянных оборотов, который обеспечивает стабильность частоты переменного тока. Однако приводы постоянных оборотов имеет невысокий ресурс и КПД, высокие эксплуатационные расходы, низкий уровень ремонтопригодности, трудность изготовления и другие недостатки, которые особо сильно проявляются при повышенных мощностях.

В системах электроснабжения повышенной мощности рационально использование систем генерирования плавающей частоты с непосредственным приводом генераторов от авиадвигателей, частота вращения которых изменяется примерно в два раза. При этом синхронные генераторы плавающей частоты получаются более тяжелыми. Это обусловлено тем, что генераторы должны обеспечивать номинальную мощность и перегрузку при минимальных оборотах, что приводит к ухудшению массогабаритных показателей, и иметь необходимую механическую прочность при максимальных оборотах авиадвигателя. Однако увеличение размеров и массы генератора компенсируется отсутствием привода постоянной частоты вращения.

В данной работе проведён сравнительный расчётный анализ генераторов мощностью 250 кВА с фазным напряжением 240 В и частотой 360…800 Гц с шихтованной

явнополюсной и неявнополюсной конструкцией ротора. Выполнены расчёты генераторов на предельно допустимые по прочности частоты вращения. В качестве основного варианта рассматривается генератор с неявнополюсным ротором. Для подтверждения расчётов, выполнено моделирование магнитных полей в активной зоне машины с использованием программы ElCut.

The aviation system of alternator of higher power

Chikuchinov E.M.
MAI, Moscow

The power of aircraft power supply systems is constantly increasing. Electrotechnical devices perform many functions that were previously performed by hydraulic and pneumatic systems, including the launch of aircraft engines. In this regard, the number of units of equipment that consume electricity is steadily growing. The total installed capacity of the on-board power sources reaches about 1500 kVA, and the unit's power of the generator is 250 kVA.

The generation system must have high mass and energy parameters. The necessary values of these indicators are achieved by increasing the frequency of rotation of generators, increasing electromagnetic, thermal and strength loads, using an effective cooling system, using perfect active and structural materials.

In AC power systems with a power of 100 kVA, the most effective is the use of synchronous generators with electromagnetic excitation in a system with a constant speed drive that ensures the stability of the frequency of alternating current. However, constant-speed drives have a low resource and efficiency, high operating costs, low maintainability, production difficulties and other disadvantages, which are particularly evident at higher capacities.

In power supply systems of increased power, it is rational to use floating frequency generation systems with direct drive of generators from aircraft engines, whose rotational speed changes approximately two-fold. In this case, synchronous floating frequency generators are more severe. This is due to the fact that the generators must provide rated power and overload at minimum speed, which leads to a deterioration of the mass-dimensions, and to have the necessary mechanical strength at maximum engine revs. However, the increase in the dimensions and mass of the generator is compensated by the absence of a constant speed drive.

In this paper, a comparative analysis of generators with a power of 250 kVA with a phase voltage of 240 V and a frequency of 360 ... 800 Hz with a clamped opto-pole and non-pole pole design of the rotor is carried out. Calculations of generators for the maximum permissible strength of the rotational speed are performed. As the main option the generator with not salient pole rotor is considered. To confirm the calculations, the simulation of magnetic fields in the active zone of the machine was carried out using the ElCut program.

Применение мультиспектральных спутниковых снимков в задачах анализа вегетационной активности водно-болотных угодий

Шаталов И.К., Козлов А.В., Шаронов А.В., Максимов Н.А.
МАИ, г. Москва

Исследование посвящено применению спутниковых многоканальных снимков для экологического мониторинга на примере пятнадцати полигонов, расположенных в районе Волго-Ахтубинской поймы. Доля поглощенного фотосинтетически активного излучения, также известная как FAPAR, считается одним из важнейших показателей вегетационной активности. Несмотря на то, что временные ряды FAPAR доступны в открытом доступе, они имеют присущие всем данным дистанционного зондирования Земли недостатки. Они не являются непрерывными во времени, они могут содержать пропуски данных, сбойные значения и измерительный шум. Таким образом, количественное сопоставление временных рядов за разные годы является затруднительным. Временные ряды также могут иметь важные особенности, такие как вторичные колебания, день максимальной вегетационной активности, продолжительность периода активной вегетации и другие, которые трудно анализировать в указанных условиях.

Непрерывная аппроксимация временного ряда значений FAPAR позволяет избавиться от описанных проблем. Наш подход основывается на предположении, что растительность имеет некоторый нормальный, устойчивый от года к году цикл, а между вегетационными сезонами активность отсутствует. Если год не является аномальным, условия окружающей среды оказывают незначительное влияние на нормальный цикл. Таким образом, годовая функция FAPAR рассматривается как периодическая по времени. Для большей надежности мы используем данные за несколько лет. Принимая во внимание некоторые дополнительные предположения, мы строим непрерывную гармоническую аппроксимацию для нормального годового цикла вегетационной активности. Полученная функция дает значительно больше возможностей для количественного анализа динамики растительной активности. Новые индикаторы включают в себя: день максимальной величины в году, относительную амплитуду вторичных гармоник и другие. Например, можно вычислить так называемый взвешенная продолжительность активной вегетации как интеграл, где дни с значениями FAPAR выше определенного порога считаются обычными, дни с значениями FAPAR ниже другого определенного порога не учитываются вообще, а дни с промежуточными значениями FAPAR соразмерно взвешены относительно выбранных двух порогов. Такой способ вычисления устойчив к небольшим изменениям пороговых значений и устраняет хорошо известную проблему выбора порога разделения периода активной вегетации с остальными днями в году.

Application of multispectral satellite imagery to monitoring of lower Volga arid wetlands

Shatalov I.K., Kozlov A.V., Sharonov A.V., Maximov N.A.
MAI, Moscow

In this article we are going to report, some results of our project on monitoring of Lower Volga arid wetlands. This study focuses on fifteen test sites, located inside and around of a floodplain, between Volga - and - Akhtuba rivers, North-West of the Caspian Sea. Most of them are arid or semiarid wetlands, having homogeneous, but different vegetation types.

The fraction of absorbed photosynthetically active radiation, also known as fapar, is recognized as one of the most important indicators of vegetation activity. Its value emerges from three channels of satellite imagery, namely red and near-infrared, with blue one used for atmospheric correction. Even though fapar time series are publicly available, due to the nature of remotely sensed data, they suffer from several issues. They are not continuous in time, they can contain gaps, they can include outliers, and even big ones, and can be noisy.

Thus, comparing time series quantitatively for different years, becomes a challenge. Time series can also have important temporal features, like secondary fluctuations, the day of the maximum value, the length of active vegetation period, and others, which are hard to analyse under this conditions. A continuous approximation of fapar time series would allow us to get out of the troubles.

Our approach bases on the assumption, that the vegetation has some normal, year-to-year steady cycle, and nothing happens between growing seasons. If a year is not anomalous, environmental conditions have minor effect on the normal cycle. So the yearly model fapar function is treated as periodic over time.

For more reliability, we use data from several years. Taking some extra assumptions into consideration, we construct a harmonic, time-continuous approximation, for the normal yearly vegetation activity-cycle. The newly derived function, gives us more capabilities, to quantitatively analyse the dynamics of vegetation activity. The new indicators include, maximum fapar value and its day of the year, relative amplitude of secondary harmonics, and others.

Проблемные вопросы совместного использования систем синтезированного видения и датчиков технического зрения

Шелагурова М.С., Сазонова Т.В., Лещук О.Г.
РПКБ, г. Раменское

Вопросы обеспечения безопасности полета пилотируемой авиации в сложных метеоусловиях являются важными и актуальными. Для увеличения ситуационной осведомленности экипажа предлагается совместно использовать системы технического зрения (СТЗ) и синтезированного видения (ССВ).

Совмещение этих систем требует проработки ряда вопросов. Во-первых, необходимо определить, на какой тип системы отображения информации (СОИ) выводить изображения от ССВ и СТЗ.

Традиционно считается, что вся индикация выводится на многофункциональные индикаторы (МФИ). С развитием IT-технологий появился вариант вывода синтезированных изображений и изображений от датчиков технического зрения (ДТЗ) на HUD дисплеи. Причем этот вариант СОИ является предпочтительным, потому что, по словам летчиков, основное направление взгляда у них направлено вперед, где и располагается HUD-дисплей.

Следующей задачей, которую необходимо решить разработчиками программного обеспечения систем комбинированного видения, является проблема рассогласования между изображениями от ДТЗ и ССВ при их совмещении. Это происходит в силу неточности картографического обеспечения, погрешностей навигационных систем и систем воздушных сигналов.

Решая проблему совмещения изображений, необходимо выбирать тот или иной алгоритм распознавания и экстремальной коррекции, учитывая следующие факторы. Алгоритмы должны работать на бортовых вычислителях в реальном масштабе времени, а значит, при их реализации должны быть учтены ограничения по быстродействию бортовых цифровых машин.

Также при проектировании систем комбинированного видения надо учитывать, что для реализации сложных алгоритмов распознавания и экстремальной коррекции необходима аппаратная поддержка специальных пакетов работы с изображениями, например OpenCV, OpenGL, а также нейронных сетей. Это позволит осуществлять совмещение изображений в реальном масштабе времени, а именно, с частотой не ниже 25 Гц.

И еще один немаловажный вопрос, который необходимо решать в процессе проектирования систем комбинированного видения, связан с эргономической оценкой полученного изображения летным составом.

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Для совместного использования датчиков технического зрения и системы синтезированного видения, необходимо решить ряд вопросов, связанных с аппаратной реализацией вычислительной платформы, программно-математическим обеспечением, а также с эргономическими исследованиями построения системы комбинированного видения.

Problematic issues of sharing of the synthesized vision systems and sensors of technical sight

Shelagurova M.S., Sazonova T.V., Leshchuk O.G.
RPKB, Ramenskoe

Questions of safety flight of the piloted aircraft in the difficult meteoconditions are important and relevant. It is offered to share the system of technical sight (STS) and the synthesized vision (SSV) for increasing crew situational awareness.

Combination of these systems demands study of a number questions. First, it is necessary to define what type of the display information system (DIS) must be choose for images from SSV and STZ.

Traditionally it is considered that all indication is brought to multipurpose indicators (MFI). With development of IT-technologies the option of a conclusion of the synthesized images and images from the sensors of technical sight (STS) on HUD displays has appeared. And this option of DIS is preferable, because, according to pilots, the main direction of a look at them is directed forward where the HUD display settles down.

The following task which needs to be solved software developers of the combined vision systems is the mismatch problem between images from STS and SSV at their combination. It occurs owing to inaccuracy of cartographical providing, errors of navigation systems and the systems of air signals.

Solving the problem of images combination, it is necessary to choose algorithm of recognition and extreme correction, considering the following factors. Algorithms have to work on airborne computers in real time, so, at their realization restrictions on speed of onboard digital cars have to be considered.

Also at design of the combined vision systems it is necessary to consider hardware supporting of special packages for working with images, for example OpenCV, OpenGL, neural networks for realization difficult algorithms of recognition and extreme correction. It will allow to carry out combination of images in real time, with a frequency not lower than 25 Hz.

And one more important question which needs to be solved in a designing process of the combined vision systems is connected with ergonomic assessment of the received image by aircrew.

Thus, it is possible to draw the following conclusion. For sharing of technical sight sensors and the synthesized vision system, it is necessary to solve a number of questions, connected with hardware implementation of the computing platform, program software and also with ergonomic researches of creation of the combined vision system.

Разработка системы генерирования аварийной авиационной ветроэлектрической установки

Широков А.А.
МАИ, г. Москва

Одной из важнейших проблем в развитии авиационной техники является повышение надёжности системы электроснабжения. С этой целью на современных летательных аппаратах используются дополнительные аварийные системы генерирования. Аварийными источниками электроэнергии на борту воздушного судна являются аккумуляторная батарея и генератор ветроэлектрической установки.

В работе рассматривается аварийная система генерирования на основе авиационной ветроэлектрической установки, обеспечивающая электроэнергией устройства и системы, необходимые для посадки самолёта при отказе других систем генерирования. Ветроэлектрическая установка состоит из генератора и воздушной турбины, приводимой во вращение встречным потоком воздуха и осуществляющей привод генератора. Такая конструкция установки обладает высокой надежностью, автономностью и достаточно высокими массогабаритными показателями. Для работы приборов и систем посадки самолёта необходима мощность генератора порядка нескольких десятков кВА. Для каждого летательного аппарата разрабатывается своя система генерирования с нестабилизированной и стабилизированной частотой вращения, с наиболее рациональным типом генератора и электронного преобразователя.

В работе приводится расчётно-аналитическое сравнение систем генерирования постоянного и переменного тока со стабильной и нестабильной частотой вращения с приводом генераторов от ветроустановки. При этом род тока, уровень и частота напряжения генератора должны соответствовать параметрам основной системы электроснабжения самолёта. Проведён сопоставительный анализ стабилизации напряжения насыщением магнитной цепи для генераторов с традиционными и высокоэнергетическими постоянными магнитами. Разработаны проекты авиационных генераторов с электромагнитным и магнитоэлектрическим возбуждением в системе с

электронными преобразователями. Для подтверждения результатов аналитического расчёта проведён конечно-элементный анализ магнитного поля в режиме холостого хода и номинальной нагрузки.

Development of a system for generating an emergency aviation wind power plant

Shirokov A.A.
MAI, Moscow

One of the most important problems in the development of aviation equipment is the increase in the reliability of the power supply system. To this end, modern emergency vehicles use additional emergency generation systems. Emergency power sources on board the aircraft are a battery pack and a wind power generator.

In work the considers an emergency generating system based on an aircraft wind power plant that provides power to the device and the system necessary to land the aircraft in the event of failure of other generating systems. The wind power plant consists of a generator and an air turbine, driven into rotation by a counterflow of air and carrying out the drive of the generator. This design of the plant has high reliability, autonomy and sufficiently high mass-size indicators. For the operation of instruments and aircraft landing systems, the generator power is required on the order of several tens of kVA. For each aircraft, its own generation system with an unstabilized and stabilized rotational speed is developed, with the most rational type of generator and electronic converter.

In work the provides a computational and analytical comparison of DC and AC generating systems with a stable and unstable rotation frequency with a generator driven from a wind turbine. In this case, the type of current, voltage level and frequency of the generator must correspond to the parameters of the main power supply system of the aircraft. A comparative analysis of the voltage stabilization by saturation of the magnetic circuit for generators with traditional and high-energy permanent magnets is carried out. The projects of aviation generators with electromagnetic and magnetoelectric excitation in a system with electronic converters have been developed. To confirm the results of the analytical calculation, a finite element analysis of the magnetic field in the idle and nominal load mode was carried out.

Создание реалистичного симулятора кабины самолета с помощью захвата движений

Ярославский В.В., Кейно П.П., Хорошко Л.Л.
МАИ, г. Москва

Основной идеей данного проекта является создание бюджетного аналога работающего симулятора кабины самолета с использованием Motion Capture (Захвата движений).

Проект позволит получить опыт пилотирования самолета и ознакомиться с интерфейсом и расположением всего функционала кабины самолета, как начинающим пилотам, так и каждому желающему. Актуальность данного проекта заключается в том, что он дает возможность обучающимся пилотированию развивать свои навыки не только в дорогостоящем авиатренажере. Также проект поспособствует популяризации профессии пилота.

Аналогами данного проекта можно назвать Microsoft Flight Simulator и X-Plane Flight Simulator. Преимуществами нашего проекта можно назвать особый подход к реализации проекта с применением Motion Capture. Технология Motion Capture позволит создать реалистичную анимацию рук, которые будут взаимодействовать с виртуальной панелью и элементами, находящимися в виртуальной кабине самолета.

Основным прибором, захватывающим движение, выступает Microsoft Kinect Sensor 2.0. С помощью датчиков, расположенных внутри прибора, он отслеживает положение частей тела человека и изменение их местоположения. Для разработки проекта будет использоваться Blender – программное обеспечение для создания трехмерной компьютерной графики. В нем будет создана и детализирована кабина самолета. В качестве движка будет использовано Unity 3D – инструмент для разработки трехмерных

приложений и игр. Для распознавания прибора будет установлено SDK Kinect – набор средств разработки.

Таким образом, было выбрано программное обеспечение, позволяющее реализовать задуманный проект. Blender позволит нам создать детализировано объекты внутри кабины самолета. Microsoft Kinect Sensor 2.0 без труда позволит отслеживать и захватывать движения оператора. Unity 3D принимает объекты, созданные в Blender и придает им динамику. В конечном итоге будет создан продукт, который будет актуален в сфере обучающих программ авиационного пилотирования.

Create a realistic cockpit simulator with using Motion Capture

Yaroslavkiy V.V., Keyno P.P., Khoroshko L.L.
MAI, Moscow

The main idea of this project is to create a budget analogue of an aircraft cockpit simulator using Motion Capture.

The project allow to gain experience in piloting the aircraft and get acquainted with the interface and the location of the entire functionality of the cockpit.

The relevance of this project lies in the fact that it allows students to develop their piloting skills not only in an expensive aircraft simulator. The project will also contribute to the promotion of the pilot's profession.

There is a several analogues of the project such as Microsoft Flight Simulator and X-Plane Flight Simulator. The advantages of our project is a special approach of the implementation Motion Capture. Motion Capture technology will create a realistic animation of hands that will interact with the virtual panel and elements located in the virtual cockpit.

The main instrument that captures the movement is Microsoft Kinect Sensor 2.0. The sensors located inside the device traces the position of human body parts and any location changes. To develop detailed cabin will be used Blender software. Blender is creating three-dimensional computer graphics. Unity 3D is a tool for development of three-dimensional applications and games that will be used as an engine. Kinect SDK (development kit) will be used to recognize the device and future interaction with it.

Finally, the software allowing to realize the conceived project was chosen. Blender will allow to create detailed objects inside the cockpit. Microsoft Kinect Sensor 2.0 easily allows to track and capture the movement of the operator. Unity 3D can import objects from Blender and provides some dynamics. Developed product will be useful in the field of training software.

4. Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем

4. Information and Telecommunication Technology of Aviation, Rocket and Space Systems

Приём изображений с метеорологических спутников NOAA и Метеор-М2 при использовании SDR технологии

Harraka J.E.
МАИ, г. Москва

Каждый день круглосуточно много спутников международных систем дистанционного зондирования, такие как US NOAA и Российская метеорологическая система, вращаются вокруг Земли, ведет съемки её поверхности с помощью различных сканеров, передает их непосредственно по определенным частотам, наземные станции мониторинга, расположенные по всему миру, оборудованные направленными антеннами, принимают эти сигналы и декодируют их для извлечения живых изображений. Но с недавним распространением радио-программных технологий (SDR) среди исследователей и любителей, стало возможно получить любой сигнал, в том числе те, которые поступают из космоса, записывать их в цифровом виде в компьютере для дальнейшей обработки.

Зная время прохождения спутника, используя соответствующую антенну, передаваемые сигналы могут приниматься, записываться, декодироваться и обрабатываться, чтобы извлекать живые изображения дома по совершенно низкой цене без необходимости больших и сложных станций.

SDR, простую дипольную V-образную антенну и компьютерные программы использовались для приема сигналов ART от спутников NOAA пятого поколения в течение 10-минутного периода прохождения, с цифровой записью и обработкой для извлечения живых снимок. Снимки, испытываемые симметричным шумом, вызванные главным образом узким углом зрения антенны, около 40°, в дополнение к текущим погодным условиям и случайным отражениям сигнала и времени приема, то есть днем или ночью, средняя часть снимков была относительно свободна от шума, когда спутник просто проходил прямо над антенной.

На следующем этапе антенна была модернизирована до антенны турникета RHCP, состоящая из 4 ортогональных дипольных антенн, симметрично расположенных, что значительно улучшило угол обзора более чем на 90°, следовательно, привело к получению относительно бесшумных снимков даже на краях зоны покрытия.

Используя ту же самую антенну, сигнал цифровой модуляцией LRPT от российского спутника Meteor M2 был успешно принят, 6 минут сигнала было записано и декодировано для извлечения в 4 раза более точных снимков с высоким разрешением, по сравнению предыдущих снимков ART.

Кроме того, разрабатывается новая антенна, способная принимать сигналы HRPT на частоте 1707 МГц она будет оборудована отражателем для сбора сигнала и направлением его на фидер, например, для захвата цифрового спутникового телевидения. Эти сигналы обеспечивают изображения с очень высоким разрешением со скоростью 665 Кбит/с и они также передаются спутниками NOAA и Meteor M2.

Receiving images from meteorological satellites NOAA and Meteor-M2 using SDR technology

Harraka J.E.
MAI, Moscow

Every day around the clock, many satellites of international remote sensing systems, such as the US NOAA and the Russian Meteorological System, fly over the Earth taking pictures of the surface with various precision scanners, transmit them directly to the Earth at certain frequencies, ground monitoring stations located around the world equipped with directed antennas receive those signals and decode them to extract live images. But with the recent prevalence of the software-defined radio (SDR) technologies among researchers and amateurs alike, it became possible to receive any signal, including those which comes from space, and digitally record it in PC to do further processing.

Knowing satellite's passing times, using an appropriate antenna, transmitted signals can be received directly, recorded, decoded and processed to extract live images at home in absolutely low cost without the need for large and complex stations.

The SDR, a simple dipole V-shaped antenna and software tools have been used to receive ART signals from the fifth-generation NOAA satellites during a 10-minute of the passing period, digitally recorded and processed to extract live images. The images suffered from symmetrical noise caused mainly by the narrow angle of view of the antenna, about 40°, in addition to the current weather conditions and the random reflections of the signal and the reception time i.e. day or night, the middle portion of the images were relatively clear of noise, when the satellite was just passing directly above the antenna.

In the next step, the antenna was upgraded to a RHCP turnstile antenna, consists of 4 orthogonal dipole antennas symmetrically located, which significantly improved the angle of view to more than 90°, and thus lead to obtain relatively noise-free images even at the edges of the coverage area.

By using the same antenna, the digitally modulated LRPT signal from the Russian satellite Meteor M2 has been successfully received, 6 minutes of the signal was recorded and decoded to extract a 4 times more accurate high resolutions image comparing the previous ART images.

Furthermore a new antenna capable of receiving HRPT signals at 1707 MHz is being developed and will be equipped with a dish to collect the signal and direct it to the feeder, such as those used to capture digital satellite television. These signals provide very-high resolution images with a transmission speed of 665 Kbps, and also broadcasted by NOAA and Meteor M2 satellites.

Параметрическая оптимизация линейного сетевого кода для повышения эффективности работы аэрокосмической телекоммуникационной системы

Бритвин Н.В.
МАИ, г. Москва

Рассмотрим процесс поиска оптимальных параметров линейного сетевого кода. На начальном этапе модель инициализируется рядом параметров (диапазон размера кодовой последовательности, количество пакетов, размер пакета, диапазон изменяемого отношения сигнал/шум, скорость кода R, корректирующая способность t). Потом производится генерация массива данных размером произведения информационных пакетов на их длину. После этого к данным добавляются идентификаторы и контрольные суммы, после чего они поступают на вход кодера. Закодированные данные и инициализирующие параметры (отношение сигнал/шум, К-фактор, интенсивность затухания) передаются в функцию, которая моделирует каналы с АБГШ и Райсовскими замираниями. Весь трафик по очереди проходит через них, отдельно для каждого процесса моделирования. Декодер пытается восстановить утраченные пакеты и в качестве результата, на основе данных от работы контрольной суммы CRC-8, получается массив с условными обозначениями 1 и 0, где в качестве 1 используется обозначение битого или утерянного пакета, а в качестве 0 - успешно принятый пакет

Далее происходит подбор корректирующей способности t при начальном условии R = 0,5. Такое начальное значение обусловлено тем, что если применять скорость кода меньше заданной, то эффективность метода кодирования становится хуже первоначальной.

Следующий этап подразумевает сортировку трехмерного массива. Он включает в себя значения размера кодовой последовательности, корректирующей способности и скорости кода. Так как требуется найти максимально возможную скорость передачи данных, то сортировка производится по параметру R по возрастанию. Иными словами, необходимо найти пересечение двух условий, когда корректирующая способность t минимальна и длина кодовой последовательности максимальна. Из получившегося массива строится график поверхности и вычисляется оптимальная точка, при которой достигается максимальная производительность.

Помимо этого модель позволяет строить трехмерный график зависимости корректирующей способности кода от количества потерянных пакетов при различных значениях кодовой последовательности.

Проведенное исследование позволило определить варианты применения сетевого кодирования. Для канала АБГШ с отношением сигнал/шум в 8 Дб следует применить код (82,68), а для каналов Райса и АБГШ с отношением сигнал/шум 7 Дб код (100, 82). Также реализованная модель может определить набор оптимальных параметров (n, k) для любого заданного отношения сигнал/шум и К-фактора.

Parametric optimization of the linear network code for increasing the efficiency of the aerospace telecommunications system

Britvin N.V.
MAI, Moscow

Consider the process of finding the optimal parameters of a linear network code. At the initial stage, the model is initialized by a number of parameters (the range of the code sequence size, the number of packets, the packet size, the range of the variable signal-to-noise ratio, the code rate R, the correction ability t). Then, an array of data is generated by the size of the product of the information packets by their length. After this, identifiers and checksums are added to the data, after which they arrive at the input of the encoder. The encoded data and initializing parameters (signal-to-noise ratio, K-factor, attenuation intensity) are transferred to a function that simulates the channels with AWGN and Rice fading. All traffic in turn passes through them, separately for each simulation process. The decoder tries to recover the lost packets and as a result, based on the CRC-8 checksum data, an array with the legend 1 and 0 is obtained, where 1 is the designation of the bit or lost packet, and as 0 is the successfully received packet

Next, a correction ability t is selected for the initial condition R = 0.5. This initial value is due to the fact that if the code rate is less than the specified one, then the efficiency of the encoding method becomes worse than the original one.

The next step involves sorting the 3D array. It includes the values of the code sequence size, the correcting ability, and the speed of the code. Since it is required to find the maximum possible data rate, the sorting is performed in the R parameter in ascending order. In other words, it is necessary to find the intersection of two conditions, when the corrective ability t is minimal and the length of the code sequence is maximal. From the resulting array, a surface plot is constructed and the optimal point is calculated, at which maximum performance is achieved.

In addition, the model allows to build a three-dimensional graph of the dependence of the code's correcting ability on the number of lost packets for different values of the code sequence.

The conducted research allowed to determine the options for the use of network coding. For the AWGN channel with a signal-to-noise ratio of 8 dB, the code (82.68) should be used, and for the Rice and ABGS channels with a signal-to-noise ratio of 7 dB, the code (100, 82). Also, the realized model can determine a set of optimal parameters (n, k) for any given signal-to-noise ratio and K-factor.

Компьютерная расчетно-имитационная модель для исследования характеристик точности угломерного метода радиолокации

Волков А.М., Юдин В.Н.
МАИ, г. Москва

На практике представляет интерес получение количественных оценок точности определения координат источников излучения средствами радиоразведки и радиотехнической разведки. Получение данных оценок в ходе натурных экспериментов достаточно трудоемкая и дорогостоящая процедура. В связи с этим целесообразно получение этих оценок с помощью компьютерного имитационного моделирования.

Особенность разработки заключается в том, что рассмотрению подлежит блок вторичной обработки информации, который по первичным параметрам радиосигналов вычисляет координаты объектов, характеризующие их местоположение. При этом предполагается, что оценка параметров радиосигналов на этапе первичной обработки является оптимальной.

Разработанная модель предназначена для исследования потенциальной точности угломерной системы радиолокации. В данной модели предусмотрена возможность расчета точностных характеристик как многократного измерения координат, так и однократного измерения. Особенность компьютерной расчетно-имитационной модели заключается в наглядном отображении точностных характеристик угломерной системы (картина рассеяния результатов измерения, поле ошибок, эллипс рассеяния результатов измерения, эллипс вероятного положения источника излучения).

Исследование характеристик точности угломерного метода радиолокации сводится к исследованию точности соответствующего алгоритма местоопределения. В представленной компьютерной расчетно-имитационной модели исследуются характеристики точности алгоритмов, оптимизированных по критериям: наименьших квадратов, максимального правдоподобия.

Computer simulation model for investigation of the accuracy characteristics of goniometric method of radar

Volkov A.M., Yudin V.N.
MAI, Moscow

In practice, it is of interest to obtain quantitative estimates of the accuracy of determining the coordinates of radiation sources by radio reconnaissance and radio technical reconnaissance. Obtaining these estimates in the course of field experiments is a laborious and expensive procedure. In this regard, it is advisable to obtain these estimates using computer simulation.

The peculiarity of the development lies in the fact that a secondary processing unit is to be considered, which, by primary parameters of the radio signals, calculates the coordinates of the objects characterizing their location. It is assumed that the estimation of the radio signal parameters at the primary processing stage is optimal.

The developed model is designed to investigate the potential accuracy of goniometric radar system. In this model, it is possible to calculate the accuracy characteristics of both multiple measurement of coordinates and a single measurement. The peculiarity of the computer simulation and calculation model consists in the visual representation of the accuracy characteristics of the goniometric system (the scattering pattern of the measurement results, the error field, the scattering ellipse of the measurement results, the ellipse of the probable position of the radiation source).

Investigation of the accuracy characteristics of the goniometric radar method is reduced to investigating the accuracy of the corresponding position finding algorithm. In the submitted computer simulation model, the accuracy characteristics of algorithms optimized for the least squares, maximum likelihood criteria are investigated.

Применение спиральных антенн для бортовых систем и комплексов

Гаджиев Э.В., Туманов М.В., Генералов А.Г.
НИИЭМ, г. Москва

Бортовые антенно-фидерные устройства (АФУ) составляют неотъемлемую часть космических аппаратов (КА) как по их типу (малые или большие), так и по целевой задаче:

• Дистанционное зондирование Земли;
• Метеонаблюдение;
• Мониторинг чрезвычайных ситуаций;
• Связные;
• Научные;
• Прикладные исследование и т.д.

В настоящее время есть потребность в бортовых АФУ для системы КОСПАС-САРСАТ. КОСПАС-САРСАТ – международная спутниковая поисково–спасательная система, разработанная для оповещения о бедствии и месторасположении персональных радиобуёв и радиомаяков, установленных на судах и самолётах, в случае аварийных ситуаций.

В работе рассмотрен существующий вариант построения бортовых антенных систем с применением конических спиральных антенн.

Целью данной работы является построение улучшенной бортовой антенной системы КОСПАС-САРСАТ.

В качестве приёмной антенны предложена четырёхзаходная спиральная антенна с круговой поляризацией правого вращения. В качестве передающей антенны предложена четырёхзаходная спиральная антенна с круговой поляризацией левого направления вращения. Излучатель и запитывающее устройство антенны выполнены по печатной технологии. Приведены измеренные значения коэффициента стоячей волны, диаграммы направленности и коэффициента усиления.

Для проведения комплексных испытаний разработан испытательный комплект, который состоит из вспомогательной антенны для бортовой приёмной антенны и антенной насадки для бортовой передающей антенны.

Таким образом, предложен и разработан надёжный, высокотехнологичный вариант построения бортовой антенной системы КОСПАС-САРСАТ, включающий в себя:

• Передающую антенну;
• Приёмную антенну;
• Вспомогательную антенну;
• Антенную насадку.

Application of spiral antennas for perspective on–board systems and complexes

Gadzhiev E.V., Tumanov M.V., Generalov A.G.
NIIEM, Moscow

On–borne antenna feeder devices constitute an integral part of space vehicles both according to the type used (small or large satellites) and according to the target-oriented task:

• Earth remote sensing;
• Weather observation;
• Emergency monitoring;
• Communications;
• Scientific research;
• Applied research and etc.

At present, there is a need for on–board antenna system of COSPAS-SARSAT. COSPAS-SARSAT is an international satellite search and rescue system designed to alert you to the distress and location of personal beacons and beacons installed on ships and aircraft in the event of an emergency.

In this paper the variant of design on-board antenna system consist of conical spiral antennas is presented.

The main purpose of this paper is design advanced on-board antenna system of COSPAS-SARSAT.

A four-way single-turn helical antenna with circular polarization of the right direction of rotation is proposed as a receiving antenna. A four-way helical antenna with circular polarization of the left direction of rotation is proposed as a transmitting antenna. The emitter and recording device of the antenna are made by printing technology. The measurement results of voltage standing wave ratio, radiation pattern and gain are presented.

In addition to receiving and transmitting vehicle-antennas, a testing complex for full-scale test has been developed. The testing complex consists of microstrip antenna and absorbing antenna attachment.

Thus, a reliable, high-tech variant of the on-board antenna system COSPAS-SARSAT are presented. The variant including:

- Transmitting antenna;
- Receiving antenna;
- Auxiliary antenna;
- Absorbing antenna attachment.

Основные потребительские свойства облачных информационных систем

Гинзбург И.Б.
МАИ, г. Москва

Потребительские свойства облачных информационных систем (ОИС) обусловлены возрастающей необходимостью в надежном сборе, хранении, обработке и распространении больших объемов данных различной структуры и происхождения с использованием различных стационарных и мобильных клиентских устройств и каналов передачи данных с разными характеристиками для доступа пользователей, высокой сложностью планирования и стоимостью реализации узкоспециализированных систем для решения конкретных задач.

За счет объединения аппаратно-программных компонентов, в единый набор динамически конфигурируемых вычислительных ресурсов с доступом по требованию удается обеспечить ряд важных потребительских свойств ОИС:

1) доступ по сети – удаленная аппаратная инфраструктура (IaaS – англ. Infrastructure as a Service), программная платформа (PaaS – англ. Platform as a Service) и приложения (SaaS – англ. Software as a Service) доступны пользователям как логически единый сервис;

2) возможность быстрого переконфигурирования – использование ОИС позволяет потребителям при изменении решаемой задачи быстро удалить ненужные и добавить необходимые функциональные элементы из набора имеющихся объединенных вычислительных ресурсов ОИС;

3) единая авторизация пользователей, управление правами доступа и потреблением ресурсов – позволяет дать доступ пользователям и обеспечить контроль за их работой в ОИС;

4) отказоустойчивый доступ к данным и программам для стационарных и мобильных клиентов по различным каналам передачи данных – обеспечивается в ОИС за счет использования отказоустойчивых веб-интерфейсов с возможностью автономной работы при разрыве соединения с сервером и терминального доступа к выполняемым в ОИС программам;

5) надежность хранения больших объемов данных – обеспечивается за счет резервирования средств хранения и позволяет отказаться от ручного резервного копирования.

6) централизованная обработка данных – позволяет собирать и обрабатывать большие объемы данных, в том числе из различных источников, например, от беспроводных сенсорных сетей;

7) снижение эксплуатационных затрат по сравнению со специализированными системами – на конфигурирование, масштабирование и техническое обслуживание аппаратно-программных компонентов ОИС.

Благодаря этому на ОИС может быть основано формирование комплексов для решения сложных ресурсоемких задач с возможностью быстрого переконфигурирования при изменении решаемых задач.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Basic consumer properties of cloud information systems

Ginzburg I.B.
MAI, Moscow

The consumer properties of cloud information systems (CIS) are caused by the growing need to securely collect, store, process and distribute large amounts of data of different structure and origin using different stationary and mobile client devices and data channels with different characteristics for user access, the high complexity of planning and cost of implementation of highly specialized systems for solving specific problems.

By combining the hardware and software components into a single set of dynamically configurable computing resources with on-demand access, it is possible to provide a number of important consumer properties of CIS:

1) network access – remote hardware infrastructure (IaaS – Infrastructure as a Service), software platform (PaaS – Platform as a Service) and applications (SaaS – Software as a Service) are available to users as a logically integrated service;

2) the ability to quickly reconfigure – the use of CIS allows consumers to quickly remove unnecessary elements when changing the task to be solved and add the necessary functional elements from the set of available integrated CIS computational resources;

3) unified user authorization, access rights and resource consumption management – allows users to gain access and control over their work in CIS;

4) fault-tolerant access to data and programs for stationary and mobile clients via various data transmission channels – is provided in CIS through the use of fault-tolerant web interfaces with the possibility of autonomous operation when the connection to the server is lost and terminal access to CIS programs running;

5) reliability of storing large amounts of data – is provided by reserving the storage facilities and allows to refuse manual backup.

6) centralized data processing – allows one to collect and process large amounts of data, including data from various sources, for example, from wireless sensor networks;

7) decrease of operating costs in comparison with specialized systems – for configuration, scaling and maintenance of hardware-software components of CIS.

Due to this, formation of complexes for solving complex resource-intensive tasks with the possibility of quick reconfiguration when changing the tasks to be solved can be based on CIS.

The research was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the scientific project No. 17-08-01641 A.

Программно-аппаратный комплекс для экспериментальных исследований процессов разгара элементов конструкции жидкостных ракетных двигателей

[1]Гришин С.А., [2]Ягодников Д.А., [1]Климентовский В.В.
[1]ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», г. Минск, Беларусь;
[2]МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

В докладе приведены результаты совместных научно-исследовательских работ, направленных на создание быстродействующих сенсорных устройств и программно-аппаратных средств регистрации и обработки параметров состояния жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) в процессе их наземных огневых испытаний. Цель проведенных работ - отработка базовых элементов системы аварийной защиты ЖРД,

построенной на основе комплексного подхода, основанного на применении бесконтактных оптических, тепловых, электромагнитных, акустических, вибрационных методов и средств контроля и систем сбора и обработки данных реального времени.

Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет регистрировать и обрабатывать:

• Параметры переменных электрических и магнитных полей с амплитудами напряженностей 3 кВ/м и 50 А/м в частотном диапазоне от 20 Гц до 50 кГц;

• Спектры оптического излучения факела ЖРД в диапазоне длин волн от 300 нм до 1000 нм;

• Параметры тепловых полей в диапазоне температур от 0 до 2000 оС;

• Параметры вибраций в частотном диапазоне от 0,5 Гц до 12 000 Гц;

• Параметры звуковых колебаний в частотном диапазоне от 2 Гц до 20 000 Гц;

• Режимные параметры: расходы, давления, температуры, усилия, токи и напряжения;

• Угловые координаты измерительных модулей;

• Видеоданные процесса проведения огневых испытаний.

Программно-аппаратный комплекс позволяет:

• Исследовать динамику физических полей ЖРД, их амплитудно-частотные характеристики, а также взаимосвязи с процессами разрушения проточной части ЖРД и режимными параметрами (давления, расходы, температуры и др.);

• По характеристикам физических полей ЖРД отслеживать процессы попадания частиц в газовый тракт ЖРД и уноса материалов при разгаре элементов его конструкции;

• Проводить отбор диагностических признаков для систем аварийной защиты ЖРД;

• Значительно снизить временные, трудовые и материальные затраты при проведении огневых испытаний ЖРД с одновременным повышением качества их проведения;

• Повысить информативность, достоверность и надежность контроля ЖРД.

Комплекс успешно прошел апробацию в испытательном центре Дмитровского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана (пос. Орево Московской области) при проведении огневых испытаний модельных ЖРД.

Software and hardware complex for experimental investigation of flame erosion processes of liquid-propellant rocket engines

[1]Grishin S.A., [2]Yagodnikov D.A., [1]Klimentovski V.V.
[1]SSPA“Optics, Optoelectronics and Laser Technology”, Minsk, Belarus
[2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow

The report presents the results of joint research projects aimed at creating high-speed sensor devices and software and hardware tools for recording and processing status parameters of liquid-propellant rocket engines (LPRE) during their ground-based fire tests. The purpose of the work carried out is development of basic elements of LPRE emergency protection system, built on the basis of an integrated approach with the use of contactless optical, thermal, electromagnetic, acoustic, vibration methods and means of control and real-time systems for data collecting and processing.

The developed software and hardware complex provides registration and processing of:

• Parameters of alternating electric and magnetic fields with amplitudes up to 3 kV / m and 50 A / m in the frequency range from 20 Hz to 50 kHz;

• Spectra of optical radiation of rocket engine plume in the wavelength range from 300 nm to 1000 nm;

• Parameters of thermal fields in the temperature range from 0 to 2000 ° C;

• Vibration parameters in the frequency range from 0.5 Hz to 12 000 Hz;

• Parameters of acoustical oscillations in the frequency range from 2 Hz to 20 000 Hz;

• Operating parameters: flow-rates, pressures, temperatures, forces, currents and voltages;

• Angular coordinates of measuring modules;

• Video data of fire test process.

The hardware-software complex provides:

• Investigation of the dynamics of LPRE physical fields, their amplitude-frequency characteristics, as well as the relationship with the processes of destruction of the flow part of the LPRE and its operating parameters (pressures, flow-rates, temperatures, etc.);

• Monitoring the processes of particles entering into the gas path of the liquid-propellant rocket engine and the entrainment of materials during flame erosion of LPRE structural elements in relationship with characteristics of physical fields of LPRE;

• Selection of diagnostic features for the systems of emergency protection of LPRE;

• Significant reduction of the time, labor and material costs when conducting fire tests of LPRE, while improving the quality of their implementation;

• Improvement of the information content, validity and reliability of the LPRE control.

The complex was successfully tested in the testing center of the Dmitrov branch of Bauman Moscow State Technical University (Orevo village, Moscow region) during the fire tests of model rocket engines.

Построение адаптивного алгоритма помехоподавления в реальном времени с разбиением на подпространства

[1]Ефимов А.Г., [2]Соколов И.М.

[1]МАИ, [2]МКБ «КОМПАС», г. Москва

Защита от помех приемника спутниковых радионавигационных систем, установленного на высокоманевренных летательных аппаратах, требует быстрого перестроения диаграммы направленности приемной многоэлементной антенны. Для формирования провалов диаграммы направленности используются методы спектрального разложения ковариационной матрицы, что является очень тяжелой задачей. Для обновления управляющего вектора требуется производить повторное обращение матрицы. Это накладывает сильные ограничения на применяемый вычислитель. Методы, применяемые в текущем поколении помехоподавителей либо не могут предоставить требуемые точностные характеристики, либо не удовлетворяют требуемой скорости работы. При увеличении скорости работы таких алгоритмов ухудшается качество помехоподавления.

В докладе рассматривается метод помехоподавления на основе алгоритма с разбиением приходящего сигнала на подпространства сигналов и помех, что позволяет производить перерасчет управляющего вектора без непосредственного обращения ковариационной матрицы. Существующие алгоритмы слежения за подпространством анализируют подпространства фиксированной размерности. Так же существуют методы оценки размерности подпространства.

В докладе приведен подход к построению алгоритма для расчета собственных значений ковариационной матрицы и слежения за размерностью подпространств. В отличие от методов текущего поколения данный подход позволяет реализовать алгоритм помехоподавления, пригодный для работы на вычислителях с жесткими ограничениями по потребляемой мощности и скорости работы.

Construction of an adaptive algorithm for interference suppression in real time with splitting into subspaces

[1]Efimov A.G., [2]Sokolov I.M.

[1]MAI, [2]MDB "KOMPAS", Moscow

Protection from interference of the receiver of satellite radio navigation systems installed on high-maneuverable aircraft requires a quick re-arrangement of the receiving multi-element antenna radiation pattern. To form nulls of the radiation pattern, the spectral decomposition methods of the covariance matrix are used, which is a very difficult problem. To update the steering vector, it is required to re-invert the matrix. This imposes strong restrictions on the processor used. The methods used in the current generation of interference suppressors either cannot provide the required accuracy characteristics or do not satisfy the required speed of

operation. With an increase in the speed of such algorithms, the quality of interference suppression deteriorates.

The report discusses the interference suppression method based on an algorithm with splitting the incoming signal into signal and interference subspaces, which allows recalculation of the control vector without directly reversing the covariance matrix. Existing subspace tracking algorithms analyze subspaces of a fixed dimension. There are also methods for estimating the dimension of a subspace.

The report presents an approach to constructing an algorithm for calculating the eigenvalues of a covariance matrix and tracking the dimension of subspaces. In contrast to the methods of the current generation, this approach makes it possible to implement an algorithm for noise suppression, suitable for operation on computers with severe restrictions on power consumption and speed of operation.

Программные методы и средства мониторинга инцидентов информационной безопасности в процессе управления космическими аппаратами связи

Жданова В.А.
МАИ, г. Москва

Система управления космическим аппаратом (КА) представляет собой комплекс средств сбора, обработки, хранения и передачи информации между КА и ЦУП. В процессе управления КА решается комплекс задач, направленных на исключение сбоев и отказов элементов информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, в т.ч. связанных с инцидентами информационной безопасности. Для обеспечения управляемости космическим аппаратом необходимо обеспечить наблюдаемость состояний системы управления КА связи в режиме реального времени. Реализовать эту функцию возможно путем внедрения средств мониторинга инцидентов информационной безопасности в процессе управления КА связи.

Таким образом, угроза информационной безопасности сделала средства ее обеспечения одной из обязательных составляющих процесса управления КА связи. Так как, информация, передаваемая в процессе управления КА связи, имеет большое значение в развитии космической отрасли и интегрируемых в нее информационных технологий. Это возможно реализовать путем контроля факторов, влияющих на доступность, целостность и конфиденциальность передаваемой информаций.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2012 «Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий», дает понятие о том, как правильно оценивать безопасность информационного взаимодействия. В нем содержится общепринятая модель оценки рисков, т.е. оценки вероятности реализации угроз с использованием существующих уязвимостей с последующим причинением ущерба.

Эффективным методом минимизации уязвимостей как источника реализации угроз является внедрение системы мониторинга инцидентов информационной безопасности.

В основе системы мониторинга инцидентов информационной безопасности лежит клиент-серверная архитектура. Консоль управления обеспечивает сбор и хранение получаемой с объектов мониторинга информации. Агент устанавливается на объекты мониторинга и осуществляет передачу данных о работоспособности подконтрольного компонента на консоль управления.

Таким образом, внедрение системы мониторинга на основе агентной технологии для обеспечения информационной безопасности в процессе управления КА связи является целесообразным. Внедрение подобной системы позволяет снизить затраты на диспетчеризацию и контроль, а также на сервисные работы в процессе управления КА. Любые обнаруженные проблемы могут быть решены более эффективно, предлагая более высокую стабильность и надежность процесса управления КА.

Software methods and tools for monitoring information security incidents in the process of control of space vehicles

Zhdanova V.A.
MAI, Moscow

The communications satellite control system is a complex of means for collecting, processing, storing and transferring information between the spacecraft and the flight control center (FCC). In the process of managing the spacecraft, a set of tasks is being solved to eliminate malfunctions and failures in the elements of the information and telecommunications infrastructure, including related to information security incidents. To ensure the controllability of the spacecraft, it is necessary to ensure the observability of the states of the control system of the communications satellite in real time. It is possible to implement this function by introducing means of monitoring incidents of information security in the process of managing the communication system.

Thus, the threat of information security has made it possible to provide it with one of the mandatory components of the communications control process. Since, the information transmitted in the process of control of communications equipment is of great importance in the development of the space industry and the information technologies integrated into it.

GOST R ISO/IEC 15408-1-2012 «Methods and means of ensuring security. Criteria for assessing the security of information technology», gives an idea of how to correctly assess the security of information interaction. It contains a generally accepted risk assessment model, i.e. assessment of the likelihood of the implementation of threats using existing vulnerabilities, followed by causing damage.

An effective method of minimizing vulnerabilities as a source of threat implementation is the introduction of an information security incident monitoring system.

The information security incidents monitoring system is based on the client-server architecture. The management console provides collection and storage of information received from monitoring objects. The agent is installed on monitoring objects and transfers data about the health of the monitored component to the management console.

Thus, the introduction of a monitoring system based on agent technology to ensure information security in the management of communications equipment is advisable. The introduction of such a system allows to reduce the costs for dispatching and control, as well as for service work in the process of controlling the spacecraft. Any detected problems can be solved more efficiently, offering higher stability and reliability of the communications satellite control process.

Методы численного моделирования траекторного сигнала в радиолокаторе с синтезированием апертуры

Каменский К.В., Гаврилов К.Ю.
МАИ, г. Москва

В ходе тестирования и оценки эффективности различных алгоритмов обработки сигналов в радиолокационных системах с синтезированием апертуры (РСА) очень важно иметь множество записей траекторного сигнала (ТС), соответствующих различным условиям зондирования. Полученные записи ТС и соответствующие им радиолокационные изображения (РЛИ) поверхности земли позволяют проводить анализ влияния различных факторов съёмки (траекторных нестабильностей носителя РСА, атмосферных неоднородностей и др.) на качество синтезируемого РЛИ при использовании тех или иных алгоритмов обработки сигналов. Такой анализ удобно проводить с помощью моделей ТС, отличающихся от «идеальных» сигналов известными отклонениями параметров съёмки. Таким образом, актуальной становится задача компьютерного моделирования ТС, наиболее близкого к реальному ТС, с одной стороны, и имеющего возможность воспроизведения при изменении условий съёмки, с другой стороны.

Модель ТС, соответствующего реальному РЛИ, можно создать на основе чёрно-белого оптического изображения. Подходы к решению этой задачи условно можно разделить на две группы методов, использующие прямое или обратное моделирование.

Прямое моделирование ТС сигнала предполагает вычисление и последующее суммирование сигналов, отражённых от элементов сцены. Такой подход может быть реализован как с использованием методов численной электродинамики, так и с упрощением модели распространения электромагнитных волн до законов геометрической оптики.

Обратное моделирование ТС предполагает, что исходное оптическое изображение – это сфокусированное РЛИ, из которого можно восстановить использовавшийся для его получения ТС. Недостатком второго подхода является необходимость использования реальных РЛИ.

Настоящая работа посвящена описанию алгоритма прямого численного моделирования ТС во временной области на основе использования чёрно-белого оптического изображения. Модель плоской сцены представляет собой множество точечных отражателей с различными коэффициентами отражения (яркости). При этом рассматривается РСА малой дальности действия (наклонная дальность не более 5 км) с непрерывным сигналом с линейной частотной модуляцией с заданными параметрами. РСА предназначен для размещения на беспилотном летательном аппарате с целью проведения мониторинга поверхности земли при боковом обзоре. Представлены результаты моделирования ТС и синтезированных на их основе РЛИ, а также искажения РЛИ, возникающие в результате воздействия различных дестабилизирующих факторов.

Computer modeling techniques of a track signal in a synthesized aperture radar

Kamenskiy K.V., Gavrilov K.Y.
MAI, Moscow

It is very important to have multiple records of a track signal (TS) in a synthesized aperture radar (SAR) corresponding to different probing circumstances during testing and evaluating effectiveness of various signal processing algorithms. Obtained track signal records and corresponding to them radar images (RIs) of earth surface allow to perform an analysis of various survey factors influences – SAR carrier trajectory instabilities, atmospheric irregularities, etc. – on synthesized RI-quality when using particular signal processing algorithms. Such an analysis is convenient to perform with track signal models that differ from "ideal" signals with known deviations of survey parameters. Thus the task of computer modeling of a track signal becomes actual. On the one hand, it is the closest to the real one, and it is able to reproduce it with altered survey circumstances on the other hand.

The TS-model corresponding to a real RI can be made on basis of a black and white optical image. Symbolically, the approaches to solution of this task can be divided into two groups of techniques, using straight and reverse modeling.

Straight modeling of a track signal implies calculation and following summation of signals, reflected from scene elements. Such an approach can be implemented using both by full-wave electromagnetic methods and by simplifying electromagnetic waves propagation to the laws of geometrical optics.

Reverse modeling of a track signal assumes that the initial optical image is a focused RI from which the track signal, used for its obtaining, can be restored. The disadvantage of the second approach is the necessity to use real RIs.

The present work is devoted to the description of the straight computer TS modeling algorithm in time domain on basis of a black and white optical image. The flat scene model is represented by a variety of point scatterers with different backscatter coefficients (brightness). In this regard a short range of operation SAR (slant range is no more than 5 km) with continuous wave linear frequency modulation with set-up parameters is under consideration. The SAR is intended to be set up on an unmanned aerial vehicle for the purpose of earth surface monitoring in the strip-map mode. The results of TS-modeling and synthesized RIs, based on them are

represented as well as RI-distortions appearing as a consequence of impacts of various destabilizing factors.

Современные технологии анализа цифрового контента авиакосмической отрасли

[1]Кан А.В., [2]Хорошилов А.А., [3]Хорошилов
[1]НИЦ «Институт имени Н.Е.Жуковского», [2]МАИ, [3]ФИЦ ИУ РАН, г. Москва

В настоящее время в высокотехнологичных отраслях, к которым относится и авиакосмическая отрасль, особую актуальность приобретают задачи автоматической обработки, анализа и управления отраслевым цифровым контентом как в процессе преобразовании больших объемов научно-технологической, проектной и нормативно-технической документации из бумажной формы представления в их цифровое представление, так и в процессах смыслового анализа накопленного контента отрасли. Такие задачи также невозможно решить без использования современных семантических инструментов автоматической обработки и формализации цифрового отраслевого контента.

В ФГУП ГосНИИАС в течение нескольких последних лет ведутся работы по созданию отраслевой авиационной многофункциональной смысловой поисково-аналитической системы (СПАС-Авиа), ориентированной на решение этих задач. Научные подходы, положенные в основу этой системы, являлись логическим развитием исследований и технологий, направленных на создание нового класса информационно-аналитических систем, основанных на современных высокоскоростных методах обработки текстовой информации, мультиагентном семантическом поиске в разноязычных гетерогенных источниках информации, содержательном анализе научно-технологического цифрового контента и извлечения новых знаний из этого контента.

Текущая версия многофункциональной системы «СПАС-Авиа» представляет собой программный комплекс, состоящий из платформенного лингвистического программного обеспечения и функциональных подсистем автоматической обработки и анализа цифрового контента отрасли. Этот программный комплекс построен на базе современной теоретической концепции смысловой обработки и содержательного анализа научно-технических текстов и обеспечивает весь технологический цикл преобразования текстового представления документа в его формализованное смысловое представление.

Дальнейшее развитие системы «СПАС-Авиа» ориентировано на создание интеграционной автоматизированной информационной системы анализа и управления знаниями. Основной задачей этой системы должна быть реализация единого цифрового информационного пространства отрасли и обеспечение целостной, достоверной информацией и знаниями всех участников жизненного цикла объектов и процессов в сфере управления, разработкой и эксплуатацией сложных инженерных объектов отрасли.

Modern technologies of analysis of digital content of aerospace branch

[1]Kan A.V., [2]Khoroshilov A.A., [3]Khoroshilov A.A.
[1]NRC "Zhukovsky Institute", [2]MAI, [3]FIZ IU RAS, Moscow

Now in high technology industries, to which refers and the aerospace branch, particular actuality acquire the problems of automatic processing, analysing and managing of branch digital content as in transformation of large volumes of scientific and technological, design and normative and technical documentations from paper presentation form in them the digital representation, and in processes of analysis of meaning accumulated branch content. Such a task also it is impossible to resolve without employing of modern semantic tools of automatic processing and formalization of digital branch content.

In federal state unitary enterprise GosNIIAS during the last few year work is now underway toward the construction of branch aircraft multifunction semantic search and analytical system (SPAS-Avia), directed toward these problems solution. The scientific approaches, the provided the basis for this system, were logic investigation developments and technologies, aimed at creating of a new class of information-analytical systems, based upon modern high-speed

methods of text processing, multiagent semantic search through many-tongued heterogeneous information sources, content analysis of scientific and technological digital content and extraction of new knowledges of this content.

The running version of multifunctional system "SPAS-Avia" sees the program complex, comprised of platforms linguistic software and functional subsystems of automatic processing and analysis of digital content of branch. The this program complex is based on modern theoretical concept semantic processing and content analysis of scientific-technical texts and provides the whole technological cycle transformation of alpha-numeric presentation of documents in it formalized semantic presentation.

The further system developments "SPAS-Avia" is oriented towards creating of integrative automated information analysis system and knowledge management. Basic problem of this system should be implementation of unique digital information space of branch and provision of whole, adequate information and knowledges of all participants life cycle of objects and processes in management sphere, development and operation of complex engineering objects of branch.

Оптимизация расположения элементов кольцевой антенной решетки X – диапазона для космического аппарата

Козлов А.Л., Жуков Р.В.
ВНИИЭМ, г. Москва

Целью представленной работы является изучение принципа построения и трехмерное электродинамическое моделирование элементов кольцевой антенной системы многобазового фазового пеленгатора, определяющего направление в пространстве в диапазоне частот от 8 до 12 ГГц.

В данной статье рассмотрены варианты антенных излучателей X-диапазона и возможности их компоновки на ограниченной плоскости, обусловлен выбор конкретного типа излучателя и их размещения с целью дальнейшего исследования. Одним из основных критериев антенной решётки является ее компактность, что в свою очередь накладывает определенные ограничения на проектирование системы. В статье приведены характеристики одиночных элементов антенной решетки и результаты первичного электродинамического моделирования антенной системы в целом. Для получения наилучших результатов характеристик таких как: диаграмма направленности, коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН), коэффициент усиления (КУ), поляризация антенн производилась оптимизация расположения антенн кольцевой решетки в ограниченном технологическом пространстве. Также произведен расчет основных характеристик антенной решетки из выбранных излучателей. В данной статье произведен анализ полученных результатов и данных, в виде рисунков и графиков.

Практической значимостью проведенного исследования является то, что на полученные результаты характеристик можно ориентироваться при выборе типа и вида антенной решетки для радиотехнических станций и комплексов с целью их потенциального улучшения или модернизации.

Optimization of the arrangement of elements of the X-band ring antenna array for the spacecraft

Kozlov A.L., Zhukov R.V.
VNIIEM, Moscow

The aim of the presented work is to study the principle of construction and three-dimensional electrodynamic modeling of the elements of the ring antenna system of a multi-base phase direction finder determining the direction in space in the frequency range from 8 to 12 GHz.

In this article, we consider the variants of the X-band antenna radiators and the possibility of their arrangement in a limited plane, the choice of a particular type of radiator and their location is determined for the purpose of further research. One of the main criteria of the antenna array is its compactness, which in turn imposes certain limitations on the design of the system. The

article presents the characteristics of single elements of the antenna array and the results of the primary electrodynamic simulation of the antenna system as a whole. To obtain the best performance characteristics such as: directional pattern, standing wave voltage factor (VSWR), gain factor (CG), antenna polarization, the antenna array of the ring grid was optimized in a limited technological space. The basic characteristics of the antenna array from the selected radiators are also calculated. This article analyzes the results and data obtained in the form of figures and graphs.

The practical significance of the study is that the obtained results of the characteristics can be guided by the choice of the type and type of antenna array for radio engineering stations and complexes with the aim of their potential improvement or modernization.

Восстановление траекторий перемещения людей при радиолокационном зондировании через стену

Козлов Р.Ю., Гаврилов К.Ю.
МАИ, г. Москва

Рассматривается задача обнаружения и сопровождения людей, находящихся внутри зданий, при радиолокационном зондировании через стену. Для решения этой задачи предлагается алгоритм, особенностью которого является совместное использование первичных данных как для обнаружения сигналов, так и для траекторной обработки. Предполагается, что первичные данные радиолокационного зондирования для каждого азимутального канала представлены в виде комплексных чисел, образующих развёртку по дальности так, что амплитуды и фазы этих чисел характеризуют коэффициент отражения и дальность точечных отражений соответственно. При этом разрешающая способность по дальности должна быть согласована с размерами целей, то есть должна быть не хуже 0,5 м. Частота смены кадров может изменяться в пределах от 0,1 с до 1 с.

Рассматриваемый подход основан на формировании различных признаков, характеризующих наличие цели в каждом элементе разрешения по дальности и углу, которые вычисляются по результатам зондирования текущего и предыдущих кадров.

При вычислении признаков целей учитываются следующие особенности:

• Полезные сигналы, отражённые от целей, характеризуются изменчивостью амплитуды и фазы в соседних кадрах зондирования

• Вследствие подвижности целей сигнал от одной и той же цели в различных кадрах может "находиться" в различных ячейках дальности

Среди используемых признаков целей следует отметить дисперсию отсчётов, вычисляемую для каждого элемента разрешения по последовательности соседних кадров (от 3 до 10). Этот признак, как показали результаты экспериментальных исследований, гораздо более информативен, чем чересперiодная разность отсчётов (с усреднением по кадрам и без него), используемая в традиционных алгоритмах выделения сигналов движущихся целей.

Процедура обнаружения и сопровождения целей основана на вычислении стоимости цели и сравнении её с порогом. Стоимость цели, вычисляемая как для вновь появившихся, так и для ранее обнаруженных или сопровождаемых целей, определяется весовым суммированием значений признаков в текущем и предшествующих кадрах.

Разработанный алгоритм прошёл апробацию при проведении натурных испытаний с макетом радара малой дальности действия (не более 30 м) и показал высокую эффективность – способность восстанавливать траектории перемещения людей, близкие к реальным траекториям, при практически полном отсутствии ложных обнаружений.

Tracks' restoration of people movement by means of radar sensing through the wall

Kozlov R.Y., Gavrilov K.Y.
MAI, Moscow

The problem of people detection and tracking inside buildings by means of radar sensing through the wall is considered. To solve this problem an algorithm which sign is joint use of

primary data for both signal detection and trajectory processing is proposed. It is assumed that the primary radar probing data for each azimuthal channel are presented as complex numbers forming a sweep over the range so that amplitudes and phases of these numbers characterize the reflection coefficient and the range of point reflections respectively. In this case the range resolution must be consistent with the size of the target that is not worse than 0.5 meter. The frame rate can vary between 0.1 sec and 1 sec.

The considered approach is based on the various signs formation which characterize the presence of the target in each element of range and angle resolution and which are calculated by results of probe the current and the previous frames.

The following features are taken into account when calculating targets characteristics:

• Useful signals that are reflected from targets are characterized by amplitude and phase variability in adjoining probe frames

• Due to mobility of targets, the signal of the same target in different frames can be "located" in different range cells

Among the used features of targets a sign of samples variance calculated for each resolution element over the sequence of adjoining frames (from 3 to 10) should be noted. This sign has much more self-descriptiveness as compared with the period subtraction of samples (with and without averaging over frames) that is used in traditional algorithms of signals extraction of moving targetsas it is shown by experimental investigations results.

The procedure of detecting and tracking targets is based on calculating the target's "cost" and comparing it with the threshold. The cost of the target calculating for both newly appeared and previously detected or tracked targets is determined by the weight summation of the signs values in the current and previous frames.

The developed algorithm was tested during full-scale tests with a model of a short-range radar (no more than 30 m) and was shown high efficiency – the restoration ability of people tracks close to the real, with almost total absence of false detections.

Анализ сигнальных признаков для распознавания БПЛА и птиц

Кутина А.В., Свердлов Б.Г.
МАИ, г. Москва

В течение последних лет приобретают массовую популярность беспилотные летательные аппараты (БПЛА), используемые в гражданских и военных целях. Растущие темпы их производства приводят к снижению их стоимости и доступности для большего числа потребителей. В связи с этим очевидна необходимость учитывать возможное присутствие БПЛА в зонах радиолокационного контроля воздушной обстановки.

Особенности БПЛА (малые значения ЭПР, низкие скорости и высоты перемещения) исключают их обнаружение распространенными радиолокационными системами средней и большой дальности и требуют создания систем специального назначения. Задачу так же осложняет тот экспериментально подтверждаемый факт, что схожими характеристиками обладают наиболее распространенные в воздушной среде объекты – птицы.

Таким образом, после обнаружения малой цели появляется задача её идентификации для предотвращения угрозы в случае, если цель является БПЛА, и во избежание ложного срабатывания системы, если цель – птица.

В работе рассматриваются некоторые методы распознавания целей с малыми ЭПР и проверяется информативность избранных сигнальных признаков, при этом используются результаты натурных экспериментов.

Результатами работы являются:

• Доплеровские спектры отраженных от целей сигналов;

• Плотности распределения некоторых сигнальных признаков;

• Энергетические спектры, построенные методом «сверхразрешения».

Результаты работы будут использованы для дальнейших исследований в области распознавания целей подобных типов, в частности, параметрические модели пригодны для выявления неочевидных особенностей, характерных различным классам. По-прежнему

актуальной задачей остаётся поиск признаков, позволяющих с высокой степенью вероятности идентифицировать БПЛА.

Analysis of signal specifiers for UAVs and birds recognition

Kutina A.V., Sverdlov B.G.
MAI, Moscow

In the course of several years unmanned aerial vehicles (UAVs) that are used for civil and military purposes are becoming popular for the mass. Increasing rates of their production bring about depreciation and accessibility for larger consumers' amount. Because of it the necessity of taking the possibility of presence UAVs in radar air-control areas into account is obvious.

The features of UAVs (small values of RCS, low velocities and altitudes) exclude their detection by traditional average- and long-range radars and require creation of special-purpose systems. The experimentally found fact that birds have the same characteristics complicates the task.

Thus after the small target have detected a task of its identification for prevention the threat in case of the target is UAV and for avoiding system's false alarm if the target is bird arises.

In this work some methods of targets with small RCS recognition are viewed and information capability of selected signal specifiers is inspected, for that the results of natural experiments are used.

The results of the work are:

• Targets echo signals' Doppler spectrums;

• Some signal specifiers' densities;

• Energy spectrums plotted by means of "superresolution".

The findings will be used for further research in field of target recognition of these classes, in particular parametric models are applicable to extraction of unobvious features that are typical for various classes. Searching of signs which allow identify UAVs with high probability is still urgent.

Система тестирования кода с отслеживанием ошибок

Лакштовский И.А.
МАИ, г. Москва

В современных моделях разработки программного обеспечения процессы написания кода и тестирования появляются уже на ранних этапах и продолжаются большую часть цикла разработки.

Как в новых быстроразвивающихся проектах, так и в крупных устоявшихся системах, для которых создаются новые версии, важна скорость вывода продукта в использование. Компании должны решить вопрос о выборе в пользу найма большего числа программистов и тестировщиков или оставить без внимания менее приоритетные найденные программные ошибки и некоторое число ещё необнаруженных дефектов. Для решения этой проблемы создаются системы автоматизированного тестирования.

Главным недостатком таких существующих систем является именно трудоёмкость организации автоматических тестов. Разные методы тестирования предполагают различный уровень мастерства и интуитивного подхода, который достаточно сложно запрограммировать. Кроме того наибольшее соответствие продукта требованию можно проследить только с использованием различных техник, а современные системы автоматизированного тестирования в редких случаях применяют больше одной техники.

Такая ситуация стала одной из основных причин для разработки новой системы автоматизированного тестирования. В качестве положительных моментов уже существующих программ приложение заимствует основную расширяемость на различные программные среды и языки (по умолчанию всего два языка, но с помощью внутреннего интерпретатора и БД можно добавлять свои языковые конструкции).

В качестве нововведения вводится полуавтоматическая работа со встроенной системой отслеживания ошибок. Таким образом, автоматические тесты самостоятельно

и/или под присмотром программиста могут заносить найденные ошибки в базу данных и следить за прогрессом их изменения. Наконец для широкого и глубокого покрытий продукта применяются в первую очередь средства структурного тестирования, затем "серого ящика", а также возможность функционального тестирования, в случае данной системы это запуск переведённой на язык внутреннего интерпретатора программы.

Система спроектирована с возможностью расширения комплекса техник тестирования, работающих с кодом после исправлений ошибок, а также техник интеграционного тестирования. Такая система призвана экономить время программистов, создающих юнит-тесты, и тестировщиков, разбирающихся в простых логических и даже синтаксических ошибках, направлять силу их профессионализма на недоступные автоматизму дефекты.

Code testing system with bug tracking

Lakshtovskiy I.A.
MAI, Moscow

In modern software development models, code writing and testing processes are already in the early stages and continue for most of the development cycle.

Both in new fast-developing projects, and in large established systems for which new versions are created, the important speed of output of the product in use. Companies should decide whether to hire more programmers and testers or to ignore the less prioritized software errors found and a certain number of undetected defects. To solve this problem, automated testing systems are being created.

The main drawback of such existing systems is precisely the complexity of the organization of automatic tests. Different methods of testing suggest a different level of skill and intuitive approach, which is difficult to program. In addition, the greatest conformity of the product to the requirement can be traced only with the use of various techniques, and modern automated testing systems in rare cases use more than one technique.

This situation has become one of the main reasons for developing a new automated testing system. As positive features of existing programs, the application borrows the main extensibility into various software environments and languages (by default only two languages, but you can add your own language constructs using the internal interpreter and DB).

As an innovation introduced semi-automatic work with built-in bug tracking system. Thus, automatic tests themselves and / or under the supervision of a programmer can enter the errors found in the database and monitor the progress of their changes. Finally, for broad and deep coatings, first of all, the means of structural testing, then the "gray box", as well as the possibility of functional testing, in the case when it is switching to the internal testing system.

The system is designed with the possibility of extending the complex of testing techniques that work with the code after fixing errors, as well as integration testing techniques. Such a system is designed to save time for programmers who create unit tests, and testers who understand simple logical and even syntactic errors, to direct the power of their professionalism to unavailable automatism defects.

Регистрация и обработка информации для проверки функционирования и оценки характеристик радиолокационных станций

Медведева Ж.Н., Грачев С.О., Нескородов А.В., Щербаков К.А.
НПО «Алмаз», г. Москва

Рассматриваются принципы построения и структура программного комплекса регистрации и обработки информации подключаемого к управляющему компьютеру (УК) радиолокационной станции (РЛС) и обеспечивающего:

- Регистрацию информации в реальном масштабе времени;
- Экспресс анализ зарегистрированной информации;
- Хранение и поиск зарегистрированной информации.

В состав программного комплекса входят:

• Программа регистрации;
• Программа конвертации зарегистрированной информации;
• Программа обработки и отображения зарегистрированной информации;
• Программное обеспечение общего назначения.

Программа регистрации предназначена для непрерывной запись поступающей от УК МФР информации. Данные регистрации, формируемые в УК, сгруппированы в соответствии с заранее определенной структурой (пакетами регистрации).

Программа конвертации зарегистрированной информации предназначена для:
• Работы с хранилищем файлов регистрации (каталогизация и поиск данных);
• Предварительного просмотра файлов регистрации;
• Преобразования файлов регистрации в систематизированный, структурированный вид базы данных для упрощения дальнейшей работы с ними.

Программа обработки и отображения зарегистрированной информации предназначена для:
• Отображения данных в графическом виде (графики, диаграммы и т.д.);
• Отображения данных в цифровом виде (таблицы, кодограммы);
• Контроля исправности устройств МФР;
• Автоматизированной оценки характеристик МФР.

Дополнительно на устройстве регистрации устанавливается программное обеспечение общего назначения:
• Среда администрирования баз данных;
• Пакет офисных программ;
• Программные пакеты для математического моделирования.

Приводятся результаты работы программного комплекса при решении задач проверки функционирования программно-алгоритмического обеспечения и основных устройств РЛС и автоматизированной оценки характеристик РЛС.

Data registration and processing for the radar stations functioning and characteristics estimation

Medvedeva Z.N., Grachev S.O., Neskorodov A.V., Shcherbakov K.A.
NPO Almaz, Moscow

The radar station connected to a control computer (CC) information registration and processing composition principles and software package structure are considering. That control computer provides:
• Real time registration of information;
• Registered information express analysis;
• Registered information storage and retrieval.

The software package include:
• Registration program;
• Registered information conversion program;
• Registered information processing and display program;
• General purpose software;

The registration program is intended for the radar CC information sustained recording. The registration data, formed by the CC, are grouped with predetermined structure (registration packages).

The registered data conversion program is intended for:
• Registered files store operating (cataloging and data search);
• Registered files preview;
• Registered data reorganization in database systematized, structured form for easier operating with them.

The registered data processing and display program is intended for:
• Graphical data display (graphics, diagrams, etc.);
• Digital data display (tables, codograms, etc.);

• Radar device serviceability control;
• Radar characteristics automatic estimation.

In addition, general purpose software is installed on the registration device:
• Database administration environment;
• Office software package;
• Software package for mathematical modeling.

Software package functioning results in solving issues of the software and radar primary systems functioning verification and the radar characteristics automatic estimation are adduced.

Исследование динамических характеристик вибро- и удароизолированного блока с использованием электромеханической аналогии

Нгуен Ван Ту, Ву Х.Ф.
МАИ, г. Москва

Большинство отказов РЭС вызывается механическими воздействиями. Наиболее опасными механическими воздействиями, снижающими надежность и стабильность работы аппаратуры, являются вибрации, удары, и линейные перегрузки. Для уменьшения воздействия вибраций и ударов на конструкции РЭС используется вибро- и удароизоляция с помощью амортизаторов.

Определение динамических характеристик вибро- и удароизолированных блоков производится по теоретическими моделями, для построения которых используется принцип электромеханической аналогии. Принцип основан на сходстве дифференциальных уравнений, описывающих протекающие процессы в электрических и механических системах. Использование принципа открывает перед исследователями возможности применения хорошо разработанных способов анализа электрических цепей к расчету параметров механических колебательных систем.

Модель механической системы вибро- и удароизоляции с сосредоточными параметрами заменяют её электрической схемой.

Для решения дифференциального уравнения, описывающих процессы в электрической схеме, предложено использовать программу ORCAD. Необходимая информация, запрашиваемая программой, должна содержать значения параметров компонентов электрической схемы и установленные режимы исследования. Значения параметров компонентов электрической схемы получают из соответствия параметрам компонентов механической колебательной схемы. С помощью таблиц соответствия результаты анализа электрической схемы преобразуются в результаты, характеризующие динамические процессы в схеме механической и представляются в виде графиков.

Investigation of the dynamic characteristics of vibration and shock-insulated unit using the electromechanical analogy

Nguyen Van Tu, Vu H.P.
MAI, Moscow

Most failures of radio-electronic devices are caused by mechanical impacts. The most dangerous mechanical effects, which reduce the reliability and stability of the equipment, are vibrations, shocks, and linear overloads. To reduce the effects of vibrations and shocks on the RES structures, vibration and shock insulation is used with shock absorbers.

Determination of the dynamic characteristics of vibration-and shock-insulated blocks is made according to theoretical models, for the construction of which the principle of electromechanical analogy is used. The principle is based on the similarity of differential equations describing the processes occurring in electrical and mechanical systems. The use of the principle opens up to researchers the possibility of applying well-developed methods for analyzing electrical circuits for calculating the parameters of mechanical oscillatory systems.

A mechanical system model of vibration and shock insulation with lumped parameters is replaced by an electrical circuit.

To solve the differential equation describing the processes in the electrical circuit, it is proposed to use the ORCAD program. The necessary information requested by the program must contain the values of the parameters of the components of the electrical circuit and the established research modes. The values of the parameters of the components of the electrical circuit are obtained from matching the parameters of the components of the mechanical oscillatory circuit. With the help of correspondence tables, the results of the analysis of the electrical circuit are converted into the results that characterize the dynamic processes in the mechanical circuit and are presented in the form of graphs.

Расчет частоты свободных колебаний функциональных ячеек при наличии сосредоточенной массы

Нгуен Нгок Линь
МАИ, г. Москва

Одним из важнейших критериев вибропрочности функциональных ячеек на печатных платах с радиокомпонентами является отсутствие в конструкции механических резонансов, определяемое по значению частоты свободных колебаний. Расчет частоты свободных колебаний функциональных ячеек производится по теоретическим моделям в виде прямоугольной пластины по приближенным соотношениям, полученным по методу Рэлея- Ритца. При этом, предполагается что печатная плата, представляемая прямоугольной пластиной, нагружается равномерно распределенной массой радиокомпонентов. Однако, на практике это условие часто не выполняется. Среди радиокомпонентов, размещаемых на печатной плате, встречаются крупногабаритные радиокомпоненты, которые в теоретических и расчетных моделях следует представлять сосредоточными массами. В отдельных источниках, анализируется случаи нагружения пластины сосредоточной массой, расположенной в центре платы. В работе, получены соотношения, позволяющие произвести расчет частоты свободных колебаний при произвольном, задаваемом координатами, расположении сосредоточенной массы. Проиллюстрировано применение полученных соотношений к расчету частоты свободных колебаний функциональных ячеек, приведены зависимости частоты свободных колебаний от координат положения сосредоточной массы. Показано, что наибольшее влияние на частоту свободных колебаний сосредоточенная масса оказывает в случае ее нахождения в центре пластины. По мере перемещения к краям пластины влияние сосредоточенной массы уменьшается и стремится к нулю на краях пластины. Произведена оценка точности разработанной модели расчетом частоты свободных колебаний в системе Solid works.

Calculation of the frequency of free vibrations of functional cells in the presence of a concentrated mass

Nguyen Ngoc Linh
MAI, Moscow

One of the most important criteria for vibration resistance of functional cells on printed circuit boards with radio components is the absence of mechanical resonances in the design, determined from the value of the frequency of free oscillations. The frequency of free vibrations of functional cells is calculated by theoretical models in the form of a rectangular plate according to approximate relations obtained by the Rayleigh-Ritz method. In this case, it is assumed that the printed circuit board, represented by a rectangular plate, is loaded with a uniformly distributed mass of radio components. However, in practice this condition is often not fulfilled. Among radio components placed on a printed circuit board, there are large-sized radio components, which in theoretical and computational models should be represented by concentric masses. In some sources, the cases of loading a plate with a concentrated mass located in the center of the board are analyzed. In the paper, we obtained relations that make it possible to calculate the frequency of free oscillations at an arbitrary position of the concentrated mass at coordinates given by coordinates. The application of the relations obtained to the calculation of the frequency of free vibrations of functional cells is illustrated, the dependence of the frequency

of free oscillations on the coordinates of the position of the concentrating mass are shown. It is shown that the concentrated mass exerts the greatest influence on the frequency of free oscillations in the case of its location in the center of the plate. As you move to the edges of the plate, the effect of the concentrated mass decreases and tends to zero at the edges of the plate. The estimation of accuracy of the developed model by calculation of frequency of free oscillations in the system Solid works is made.

Оценка необходимой точности целеуказания для захвата цели головкой самонаведения зенитной управляемой ракетой

Нескородов А.В., Грачев С.О., Егоров А.В.
НПО «Алмаз», г. Москва

Рассматривается алгоритм оценки необходимой точности координатной информации о цели (целеуказания), передаваемой на зенитную управляемую ракету, для обеспечения безпоискового захвата цели головкой самонаведения зенитной управляемой ракеты. Алгоритм заключается в пересчете ошибок сопровождения цели наземной радиолокационной станции в систему координат связанную с головкой самонаведения и оценке вероятности захвата цели по этой информации.

Пересчет ошибок сопровождения осуществляется из биконической системы координат в систему координат, связанную с головкой самонаведения зенитной управляемой ракеты через антенную систему координат и местную земную систему координат. Для этого рассчитываются следующие матрицы:

• Матрица пересчета ошибок сопровождения из биконической системы координат в антенную систему координат;

• Матрица пересчета ошибок сопровождения из антенной системы координат в местную земную систему координат;

• Матрица пересчета ошибок сопровождения из местной земной системы координат в систему координат головки самонаведения зенитной управляемой ракеты.

Вероятность захвата цели определяется вероятностью попадания цели в луч головки самонаведения, вероятностью нахождения сигнала цели в анализируемом диапазоне доплеровских скоростей и вероятностью превышения порога обнаружения.

Для оценки характеристик алгоритма была разработана математическая модель, включающую в себя:

• Модель цели;

• Модель сопровождения цели радиолокатором;

• Модель зенитной управляемой ракеты;

• Рассчет характеристик алгоритма.

С использованием математической модели ЗРК показано, что вероятность захвата цели головкой самонаведения, полученная с помощью разработанного алгоритма, близка к значениям, полученным путем статистического моделирования.

Estimation of target designation accuracy necessary for locking-on target by active homing head of antiaircraft guided missile

Neskorodov A.V., Grachev S.O., Egorov A.V.
NPO Almaz, Moscow

The target coordinate information (target designation), transmitted to an anti-aircraft guided missile, necessary accuracy for unscannable locking-on target estimation algorithm is considered. The algorithm is a conversion from ground-based radar target tracking deviations to the coordinate system associated with active homing head and locking-on target probability estimation based on this coordinate information.

The tracking errors recalculation is carried out from a biconical coordinate system to the coordinate system associated with the anti-aircraft guided missile homing head through an antenna coordinate system and a local ground coordinate system. Therefor, the following matrices are calculated:

• Biconical coordinate system to an antenna coordinate system tracking deviations conversion matrix;

• Antenna coordinate system to a local ground coordinate system tracking deviations conversion matrix;

• Local ground coordinate system to an anti-aircraft guided missile homing head coordinate system tracking deviations conversion matrix;

The locking-on target probability is determined by the target falling into active homing head beam probability, finding the target signal in the analyzed Doppler velocity range probability and the exceeding the detection threshold probability.

A mathematical model was developed for algorithm characteristics estimation that includes:

• Target model;

• Radar target tracking model;

• Anti-aircraft guided missile model;

• Algorithm characteristics calculating.

It was shown with the mathematical antiaircraft missile model, that active homing head locking-on target probability, assumed by algorithm designed, is close to the meanings, assumed by the statistical modeling.

Исследование по выбору нейронной сети и ее архитектуры для создания системы автоматического распознавания объектов беспилотного летательного аппарата

Пахунов А.С., Сазонова Т.В.
РПКБ, г. Раменское

В настоящее время в АО «РПКБ» совместно с ФГУП «ГосНИИАС» проходит научно-исследовательская работа (НИР), целью которой является разработка и практическое применение алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей для создания системы автоматического распознавания объектов (далее САРО). САРО обеспечивает автоматическое распознавание объектов заданного типа (класса) на основе анализа видеоизображения от бортовых систем технического зрения. В ходе НИР было разработано функциональное программное обеспечение которое показало, в ходе тестирования на видеофрагментах, положительные результаты, по сравнению с классическими статистическими методами (в среднем на 10%–15%. Исследование, в рамках НИР «САРО», показывает, что один из возможных подходов к решению задачи детектирования состоит в использовании алгоритмов машинного обучения для построения моделей классов объектов и алгоритмов вывода для поиска объектов на изображении. В рамках данной работы был проведен анализ различных нейронных сетей и было доказано, что главными недостатками существующих сетей являются большое количество настраиваемых параметров обучения сети и высокий рост размеров сети при увеличении слоев. Поэтому, в нашей работе, для решения задачи распознавания образов на изображении, была выбрана свёрточная нейронная сеть, которая является наиболее оптимальным выбором между биологически правдоподобными сетями и многослойным персептроном. Использование свёрточных нейронных сетей для системы автоматического распознавания объектов БЛА позволит распознавать образы на изображениях с различными искажениями, сдвигами, изменениями масштаба, а обучение таких сетей отличается простотой, благодаря связанности весов.

Research and selection of a neural network and its architecture to create a system for automatic recognition of unmanned aerial vehicle objects

Pahunov A.S., Sazonova T.V.
JSC RDC, Ramenskoe

Currently, RPKB jointly with FGUP GosNIAAS is conducting research work (R&D), the purpose of which is the development and practical application of machine learning algorithms and neural networks to create an automatic object recognition system (hereinafter SARO). SARO provides automatic recognition of objects of a given type (class) based on video image analysis

from onboard vision systems. In the course of research, functional software was developed which showed, during testing on video fragments, positive results compared to classical statistical methods (on average by 10% –15%. The study shows that one of the possible approaches to solving the detection problem It consists of using machine learning algorithms to build models of object classes and output algorithms for searching objects in an image. x networks and it was proved that the main drawbacks of existing networks are a large number of customized network training parameters and a high growth of the network size with increasing layers. Therefore, in our work, to solve the problem of pattern recognition in the image, the convolutional neural network was chosen, which is the most optimal the choice between biologically plausible nets and a multilayer perceptron.

Высокоточное абсолютное местоопределение в ГНСС по измерениям региональной сети наземных станций

Подкорытов А.Н.
МАИ, г. Москва

Последние годы в глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС) активно развиваются методы высокоточного абсолютного местоопределения (Precise Point Positioning, PPP), среди которых особое внимание уделяется наиболее оперативным методам, использующим разрешение целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений (методы Integer PPP). Реализация указанной процедуры затрудняется наличием аппаратурных смещений в исходных измерениях, которые различны в навигационных приёмниках от разных производителей. В настоящее время отсутствует единый подход к методам Integer PPP, известны различные подходы. В работе используется модель разделённых часов, предложенная в Министерстве природных ресурсов Канады.

Для высокоточного абсолютного местоопределения методом Integer PPP потребитель использует продукты сетевого решения – высокоточные орбиты спутников и разделённые поправки к показаниям спутниковых часов). В работе проводится сравнение качества местоопределения (точность, оперативность) потребителя при использовании разделённых поправок, вычисленных по локальной локальной европейской сети станций и по региональной сети станций системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), разворачиваемой в настоящее время в нашей стране. Проанализированы различные модели измерений, разные по точности наборы эфемеридно-временной информации и разные интервалы обработки измерений (от 5 до 30 мин).

Рассмотрены сложности, связанные с реализацией сетевого решения по региональной сети станций СДКМ, проведён сравнительный анализ точности и оперативности различных методов абсолютной высокоточной навигации. В дальнейшей работе планируется достижение требуемого качества продуктов сетевого решения по измерениям ГНСС ГЛОНАСС.

Precise point positioning in GNSS with measurements from regional network of reference stations

Podkorytov A.N.
MAI, Moscow

Precise point positioning (PPP) methods have been actively developed recently in global navigation satellite systems (GNSS). Particular attention is devoted to the fastest methods which use ambiguity resolution of phase measurements (Integer PPP methods). Implementation of ambiguity resolution procedure is complicated by hardware biases which are different for navigation receivers from different manufactures. Currently there is no a common approach to the problem, the author uses Decoupled Clock Model suggested by Natural Resources Canada.

User of Integer PPP algorithms applies following products of network solution: precise satellites orbits and decoupled satellite clocks. Quality of user positioning (in terms of precision and efficiency) is compared for the use of decoupled satellite clocks computed in network solution based on local network of reference stations and regional network of reference stations

(system for differential correction and monitoring, SDCM, which is set up currently in Russia). Different observation models, precise satellite ephemerides and time intervals (from 5 to 30 minutes) have been analyzed.

Difficulties of regional SDCM network solution are also considered. Comparison study of precision and efficiency for different precise point positioning methods has been implemented. Achieving of required quality for GLONASS network products is formulated as future plans.

Методика экспериментальной оценки диэлектрической проницаемости плоских радиопрозрачных материалов

Рожков С.С.
ВНИИЭМ, г. Москва

Целью данной работы является изучение метода измерения диэлектрических параметров материалов радиоволновым одноантенным способом и выработка методики измерения для апробации.

Ранее использовались лишь измерения на фиксированной частоте с дальнейшей перестройкой, то теперь, с появлением векторных анализаторов цепей, стало возможно измерять параметры материалов во всей ширине рабочих частот прибора. При измерении радиоволновыми методами накладываются ограничения на полосу частот в связи с использованием измерительной антенны. Также, используя временную обработку сигнала, можно получить энергетические характеристики материала, которые будут применимы при импульсном воздействии на него, что достаточно актуально для сверхширокополосных радиолокаторов. Для осуществления метода в лабораторных условиях необходимы широкополосная приёмо-передающая антенна с узкой ДН и векторный анализатор цепей (ВАЦ).

Методика состоит из 2 этапов:

• Измерение характеристик с образца исследуемого материала;

• Измерение характеристик с того же исследуемого материала с металлической пластиной у дальней стенки образца;

В методике с помощью описанной выше установки измеряются мощность сигнала, отражённого от первой стенки исследуемого материала W1, мощность отражённого сигнала от дальней стенки материала W2, мощность отражённого сигнала от дальней стенки с металлизацией W3, а также время прихода отражённых сигналов от первой стенки образца t1 и от второй стенки t2. При этом допускается нормальное падение волн на плоскую стенку образца материала. Для этого исследуемые образцы материала должны быть плоскими и антенна должна располагаться на достаточном расстоянии для того чтобы допустить случай нормального падения волны.

В результате полученные данные позволяют рассчитать следующие параметры исследуемого образца материала:

kотр– коэффициент отражения материала;

α– коэффициент затухания;

ε– диэлектрическую проницаемость материала;

W0– падающая мощность на материал.

Большое практическое значение имеет возможность вычислить kотр и αпо экспериментально измеренным значениям отраженных сигналов через определение величины падающей на образец мощности. Были получены и сопоставлены результаты определения диэлектрической проницаемости фторопласта (ε≈2). В ходе эксперимента и моделирования получены значения ε=2,007 и ε=2,029 соответственно. По результатам сделан вывод, что предложенный способ показал высокую эффективность измерения диэлектрической проницаемости на известных материалах.

Method for the experimental estimation of the dielectric permittivity of flat radiocarbon materials

Rozhkov S.S.
VNIIEM, Moscow

The purpose of this paper is to study the method of measuring the dielectric parameters of materials by a radio wave single-antenna method and to develop a measurement technique for approbation.

Previously only measurements at a fixed frequency with further tuning were used now with the advent of vector network analyzers, it became possible to measure the parameters of materials in the entire width of the operating frequencies of the device. When measuring by radio-wave methods, restrictions are placed on the frequency band in connection with the use of a measuring antenna. Also using the time processing of the signal, it is possible to obtain the energy characteristics of the material that will be applicable to the pulsed action on it. To implement the method in the laboratory, a broadband receive-transmitting antenna with a narrow diode and a vector network analyzer.

The methodology consists of 2 stages:

• Measurement of characteristics from a sample of the test material.

• Measurement of characteristics from the same test material with a metal plate at the far wall of the sample.

In the technique, the power of the signal reflected from the first wall of the investigated material W1,the power of the reflected signal from the back wall of the material W2,the power of the reflected signal from the far wall with the metallization W3,as well as the arrival time of the reflected signals from the first wall of the sample t1 and from second wall t2.For this, the test samples of the material must be flat and the antenna should be located at a sufficient distance in order to allow the case of a normal incidence of the wave.

As a result, the obtained data make it possible to calculate the following parameters of the test sample of the material:

kotr is the reflection coefficient of the material;

α- is the attenuation coefficient;

ε- is the permittivity of the material;

W0- is the incident power per material.

Of great practical importance is the ability to calculate kotr and α by experimentally measured values of reflected signals through the determination of the amount of power incident on the sample. The results of determining the dielectric constant of a fluoroplastic (ε≈2) were obtained and compared. In the course of the experiment and simulation, the values ε=2.007 and ε=2.029, respectively, were obtained. According to the results, it was concluded that the proposed method showed a high efficiency of measuring dielectric permittivity on known materials.

Макет устройства формирования сверхширокополосных дискретно-кодированных сигналов

Сапронов Д.И.
МАИ, г. Москва

В настоящее время активное развитие получили радиолокаторы, использующие сверхширокополосные (СШП) сверхвысокочастотные (СВЧ) сигналы. Согласно одному из наиболее популярных определений, СШП сигналами являются сигналы, относительная ширина полосы которых больше 0.25. Такие сигналы, с шириной полосы, составляющей единицы гигагерц и схожей центральной частотой, используются в подповерхностной радиолокации. Например, при спасательных операциях, когда необходимо обнаруживать людей под завалами либо во время пожара, когда густой дым не позволяет узнать, сколько выживших людей находятся в здании. Тогда ширина полосы в несколько гигагерц позволяет разрешать цели с сантиметровой точностью, а сантиметровый диапазон волн

обладает достаточной проницаемой способностью, чтобы было возможным принимать отражённые от людей сигналы через преграду в несколько десятков сантиметров.

Существует несколько способов формирования сверхширокополосных сигналов, которые можно разделить на две группы:

• Периодическое формирование сверхкоротких видеоимпульсов различной формы, длительностью менее 1 наносекунды

• Раздельное последовательное формирование дискретно-кодированного по частоте, фазе и амплитуде сигнала (ДКС)

Способ, основанный на формировании сверхкоротких видеоимпульсов обладает ограничением по энергетическому потенциалу сигнала, так как схемотехнически сложно получить импульсы высокой амплитуды при длительности в сотни пикосекунд. В следствии чего уменьшается максимальная дальность действия такого радиолокатора.

Второй способ не имеет ограничения по энергетическому потенциалу сигнала, однако требует значительно большего времени на излучение всего сигнала. Принцип формирования таких сигналов обычно основан на использовании синтезатора частоты на основе петли фазовой авто-подстройки частоты (ФАПЧ), который последовательно перестраивается и проходит всю сетку частот. Проблемой такой системы является тот факт, что время захвата частоты в таких синтезаторах составляет десятки микросекунд, что делает процесс излучения достаточно длительным.

В данном докладе представляется структурная схема макета устройства формирования ДКС, с использованием комбинации из синтезатора частоты на петле ФАПЧ, синтезатора частоты на основе прямого цифрового синтеза (ПЦС), а также широкополосного квадратурного модулятора. Преимуществами такого устройства является уменьшение времени формирования ДКС, а также возможность более тонкой настройки амплитуды, частоты и фазы дискретов сигнала.

Ultrawideband discrete coded signal generation device prototype

Sapronov D.I.
MAI, Moscow

Nowadays radar systems that using ultra-wideband (UWB) microwave signals have been actively developed. According to one of the most popular definitions, UWB signals are signals which relative bandwidth is greater than 0.25. Such signals, with a bandwidth of a unit of gigahertz and a similar center frequency, are used in subsurface radar. For example, in rescue operations, when it is necessary to detect people under the rubble or during a fire, when thick smoke does not let you know how many surviving people are in the building. Then a bandwidth of several gigahertz allows resolving targets with centimeter accuracy, and a centimeter wave band has sufficient permeability so that it is possible to receive signals reflected from people through a barrier of several dozen centimeters.

There are several ways of forming ultra-wideband signals, which can be divided into two groups:

• Periodic formation of ultrashort video pulses of various shapes, duration less than 1 nanosecond

• Separate sequential generation of discrete-coded frequency, phase and amplitude of the signal (DSC)

The method based on the formation of ultrashort video pulses has a limitation on the signal's energy potential, since it is circuit-wise difficult to obtain high-amplitude pulses with a duration of hundreds of peak-seconds. As a consequence, the maximum range of such a radar is reduced.

The second method has no limitation on the signal's energy potential, but it takes considerably longer to radiate the entire signal. The principle of the generation of such signals is usually based on the use of a frequency synthesizer with the phase-locked loop (PLL), which is subsequently tuned and passes the entire frequency grid. The problem with such a system is the fact that the frequency capture time in such synthesizers is tens of microseconds, which makes the radiation process long enough.

In this report, a block diagram of the DCS generation device prototype is presented, using a combination of a frequency synthesizer on a PLL loop, a frequency synthesizer based on direct digital synthesis (DDS), and a wideband quadrature modulator. Advantages of such a device is a reduction in the time of formation of the DCS, as well as the possibility of a finer adjustment of the amplitude, frequency, and phase of the signal discretes.

Особенности траекторного сигнала РСА при наблюдении наземных движущихся целей и вращении фазового центра реальной антенны

Сергеев А.В.
МАИ, г. Москва

Одной из основных задач, возлагаемых на РЛС обзора подстилающей поверхности, является задача наблюдения наземных движущихся целей (НДЦ). Решение данной задачи осложняется небольшими габаритами НДЦ и невысокими скоростями их перемещения, особенно по пересечённой местности. Наиболее актуальной задача селекции наземных движущихся целей (СНДЦ) становится для РЛС, включаемых в состав бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) летательных аппаратов (ЛА) военного назначения, предназначенных для поражения малоразмерных наземных целей.

Вращение фазового центра реальной антенны (ФЦ РА) в процессе синтезирования искусственной апертуры антенны можно обеспечить, размещая приёмопередающий модуль в законцовке лопасти несущего винта носителя вертолётного типа. При отсутствии поступательного движения центра масс носителя вертолётного типа ФЦ РА будет описывать в пространстве круговую траекторию.

В отличие от процесса синтезирования апертуры антенны при прямолинейной траектории движения ФЦ РА, когда имеет место линейная зависимость частоты траекторного сигнала от времени, при вращении ФЦ РА возникает нелинейная (тональная) модуляция частоты траекторного сигнала от времени. Кроме того, доплеровское смещение частоты траекторного сигнала является знакопеременным, что характерно для любой ТЦ, попадающей в зону обзора РСА.

В работе приведены основные результаты аналитических исследований особенностей траекторного сигнала РСА при вращении ФЦ РА и наблюдении НДЦ. На первом этапе кратко изложены основные отличия структуры траекторного сигнала, возникающего при вращении ФЦ РА, по сравнению с его поступательным движением. Далее аналитически получено выражение для азимутального сечения выходного отклика системы обработки траекторного сигнала РСА при согласованной и несогласованной обработке. Показано, что при отсутствии компенсации скорости движения НДЦ происходит существенная деформация отклика системы обработки траекторного сигнала РСА, приводящая к смещению максимума отклика и уменьшению его амплитуды.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00389»

The features of the RSA trajectory signal during the observation of on-ground moving targets and phase center rotation of the real antenna

Sergeev A.V.
MAI, Moscow

One of the main tasks assigned to the radar survey of the underlying surface is the task of observing ground moving targets (NDC). The solution to this problem is complicated by the small size of the NDC and low speeds of their movement, especially over rough terrain. The most urgent task of selection of ground moving targets (NSC) becomes for the radar, included in the onboard electronic equipment (avionics) aircraft (LA) for military purposes, designed to defeat small-size ground targets.

The rotation of the phase center of the real antenna (RC RA) in the process of synthesizing the artificial aperture of the antenna can be provided by placing the transceiver module in the end

of the rotor blade of the helicopter-type carrier. In the absence of forward motion of the center of mass of the helicopter carrier, the RC RA will describe a circular trajectory in space.

In contrast to the process of synthesizing the antenna aperture in the rectilinear trajectory of the FC RA, when there is a linear dependence of the frequency of the trajectory signal on time, the rotation of the FC RA occurs nonlinear (tonal) modulation of the frequency of the trajectory signal from time. In addition, the Doppler frequency shift of the trajectory signal is alternating, which is typical for any TC that falls into the area of view of the RSA.

The paper presents the main results of analytical studies of the features of the trajectory signal of RSA during the rotation of the RA FC and the observation of the NDC. At the first stage, the main differences in the structure of the trajectory signal arising from the rotation of the PC RA, compared with its translational motion, are briefly described. Further, the expression for the azimuthal cross section of the output response of the trajectory signal processing system of the RSA at the coordinated and inconsistent processing is analytically obtained. It is shown that in the absence of compensation for the speed of movement of the NDC, there is a significant deformation of the response of the trajectory signal processing system of the RSA, which leads to a shift in the maximum response and a decrease in its amplitude.

"The study was performed with financial support RFBR, research project No. 18-37-00389"

Применение вейвлет-преобразования в обработке радиолокационных сигналов с целью обнаружения живых людей

Солдатов А.Л., Гаврилов К.Ю.
МАИ, г. Москва

Обнаружение людей, находящихся за оптически непрозрачными преградами с помощью радиолокации, является актуальной задачей для различных сфер деятельности человека. На сегодняшний день существует множество радиолокаторов, предназначенных для этих целей, в которых используются известные методы обработки сигналов, направленные на выявление признаков живых людей – дыхания, сердцебиения, разговора и др. Многие из известных алгоритмов, которые основаны на использовании методов спектрального анализа, скользящего окна преобразования Фурье (Short-Time Fourier Transform) и другие, не позволяют обнаруживать полезные сигналы при малом значении отношения сигнал-шум.

В настоящей работе предложен новый алгоритм обработки сигналов, который состоит из последовательных преобразований, таких как вейвлет-преобразование, преобразование Гильберта, преобразование Фурье и CFAR-обнаружение (Constant False Alarm Rate – обнаружение с постоянным уровнем ложных тревог). Использованное в алгоритме вейвлет-преобразование на основе вейвлетов Коифлетса 5-го порядка позволяет выделить компоненты полезного сигнала, которые соответствуют частотам колебания человеческого тела. Затем, используя последовательно преобразование Гильберта и Фурье, возможно обнаружение гармонических функций, характеризующих частоты жизненной активности человека из диапазона 0,1…1 Гц. Преобразование Гильберта предназначено для выделения гармонических колебаний, а преобразование Фурье – для оценки частот этих колебаний, которые обнаруживаются в CFAR-обнаружителе с адаптивным порогом, вычисляемым путем усреднения сигналов в соседних частотных каналах.

Разработанный метод обработки сигналов был испытан в ходе проведения натурного эксперимента с макетом радара при обнаружении людей в помещениях в условиях отсутствия прямой оптической видимости из-за наличия посторонних предметов – мебели, производственного оборудования и проч. Проведение сорока независимых экспериментов при отсутствии и наличии людей в различных позах (стоя, сидя, лежа) и на различном удалении от радара (от 2 м до 15 м) показало стопроцентное обнаружение людей при полном отсутствии ложных обнаружений.

Особенностями разработанного алгоритма являются большая вычислительная сложность обработки радиолокационных данных и необходимость длительного накопления сигналов в течение интервала времени не менее 1 мин.

Application of wavelet transform in radar signal processing to detect living people

Soldatov A.L., Gavrilov K.Y.
MAI, Moscow

Detection of people behind optically opaque barriers by radar is an actual task for various spheres of human activity. To date, there are many radars created for these purposes, which use known methods of signal processing aimed at identifying signs of living people - breathe, heartbeat, talk, etc. Many of the known algorithms, which are based on the use of spectral analysis methods, window Fourier transform (Short-time Fourier Transform) and others, do not allow to detect useful signals at a small value of the signal-to-noise ratio.

In this research we offer a new signal processing algorithm which consists of sequential transformations such as wavelet transform, Hilbert transform, Fourier transform, and CFAR detection (Constant False Alarm Rate detector). Used in the algorithm wavelet transform based on Coiflets wavelets of the 5th order allows us to identify the components of the useful signal, which correspond to the frequencies of human body oscillations. Then, using the Hilbert and Fourier transforms, it is possible to detect harmonic functions characterizing the frequencies of human breathe activity from the range of 0.1...1 Hz. The Hilbert transform is designed to allocate harmonic oscillations, and the Fourier transform is used to estimate the frequencies of these oscillations, which are spotted in a CFAR detector with an adaptive threshold level calculated by averaging signals in neighboring frequency channels.

The developed method of signal processing was tested in the full-scale experiment with a radar model when detecting people in the lab chambers without direct optical visibility due to the presence of foreign objects – furniture, production equipment, etc. Carrying out forty independent experiments in the absence and presence of people in different poses (standing, sitting, lying) and at different distances from the radar (from 2 m to 15 m) showed one hundred percent detection of people in the complete lack of false detections.

Features of the developed algorithm are high computational complexity of radar data processing and the need for long-term accumulation of signals for a time interval of at least 1 min.

Погрешности определения местоположения дальномерным методом навигации

Сорокин А.А., Богданов А.С.
МАИ, г. Москва

В докладе рассматриваются погрешности при осуществлении навигации (определении местоположения) дальномерным способом. Острая потребность в определении местоположения абонентов беспроводных сетей связи определяет актуальность проблемы обеспечения точности решения навигационных задач. Глобальные спутниковые навигационные системы не могут оптимально решить данную задачу, так как их использование для обеспечения надежности работы сети связи является ненадежным. Помимо этого, в решении навигационной задачи для определения собственного местоположения заинтересованы конечные потребители услуг связи.

Определение местоположения дальномерным методом навигации осуществляется путем измерения задержек распространения сигнала до Навигационного Приемника от трех или более излучателей радионавигационного сигнала (Базовых Станций), для которых известны с определенной точностью координаты их местоположения. Измеренные задержки позволяют вычислить радиусы окружностей, эквивалентные расстоянию между приемников и излучателем, а затем и определить местоположения приемника. Таким образом, более точное определение местоположения приемника возможно исключительно благодаря более точному измерению задержек распространения сигнала.

Результатом воздействия различных факторов, определенное значение задержки распространения сигнала оказывается отличным от того, которое могло быть получено в идеальных условиях. Среди факторов, ключевыми являются уход часов и влияние

замираний. В данной работе были проанализированы влияние этих факторов и возможные способы их компенсации.

Таким образом, при определении местоположения в условиях влияния вышеописанных факторов, результат представляется в виде криволинейной фигуры, ограничивающей Зону, где расположен навигационный приемник. Чем больше результирующее действие погрешности – тем больше площадь данной фигуры и, соответственно, неопределенность координат приемника.

Результатом настоящей работы стали предложения по оценке действия погрешности на определение местоположения. Было предложено вычислять различные характеристики Зоны, такие как ее площадь, разброс координат и точка центра масс. Была создана имитационная модель в себе MATLAB, позволяющая анализировать действие погрешностей на навигационную систему.

Разработанная имитационная модель предполагает дальнейший переход к трехмерной системе координат, а также к топоцентрическим и геодезическим системам, которые позволят учесть влияние неровности поверхности Земли на определение местоположения.

Erorrs when locating via ranging navigation method

Sorokin A.A., Bogdanov A.S.
MAI, Moscow

This article deals with errors when locating via ranging method. The acute need for locating of wireless subscribers is the relevance justification of this theme. Global Navigation Satellite Systems can not solve this problem completely because of their unreliability for this application. In addition, the subscribers are interested in precise locating themselves.

Locating via ranging method is performed by measuring propagation delays of radionavigation signals between the signal emitter and the receiver. A minimum of 3 emitters are required to complete this process. Coordinates of each emitter are also required to be known by the receiver. Delays can be converted to equivalent circles by calculating their radiuses like distance from the emitters to the receiver. In this way, precision of locating can be increased only by delay measurement improvement.

Various factors can affect delay measurement process which leads to difference between real and ideal conditions. These factors include clock desynchronization and signal fadings. This article deals with factors impact (which calls “errors”) and variants of correction.

In this way, described factors causes transformation of coordinates from point to curvilinear Zone. This Zone defines the piece of terrain where receiver located. The bigger the errors – the bigger the zone and uncertainty of calculated location.

The result of this research is the proposals of errors evaluation. It was proposed to calculate different characteristics of the Zone such as Zone square, spread of coordinates and the center of the Zone mass. MATLAB imitation model was created to analyze how the errors impact the navigation system.

Imitation model has a possibility of 3D, topocentric and geodesic coordinates usage to analyze their effects.

Когнитивный эффект в мультипротокольных сетях

Талаев А.Д., Шевцов В.А.
МАИ, г. Москва

В мире, для передачи информации, применяется большое количество разнообразных стандартов связи. Каждый из них достаточно узкоспециализирован в своей области применения. Расширении области применения за счёт одного стандарта сложная задача, так как требования, предъявляемые при этом, достаточно противоречивы. Например, рассматривая применение широкополосных систем связи, можно определить потребности в обеспечении высокоскоростного канала при ограниченных энергоресурсах, передачи импульсной информационной нагрузки, оперативности функционирования сети в условиях быстроизменяющейся топологии сети.

Реализацию таких требований можно проводить с помощью создания принципиально новых структур, либо путем создания мультипротокольных сетей связи с достижением когнитивного эффекта.

Мультипротокольными называются сети, где каждый узел поддерживает несколько стандартов, количество и состав которых может меняться. Объединение разнородных стандартов для узкоспециализированных задач и распределение функций системы позволяет комбинировать и усиливать сильные стороны протоколов и компенсировать их недостатки. Такое объединение протоколов может приводить к когнитивному эффекту, что подразумевает получение новых возможностей применения и улучшения характеристик системы в целом.

В качестве примера рассмотрим объединение высокоскоростных широкополосных сетей (Wi-Fi) и узкополосных энергоэффективных сетей связи (LPWAN). Для передачи с подвижных узлов полезной нагрузки, например видеопотока, применяются широкополосные сети, а LPWAN сети берут на себя функции передачи служебной информации и оперативного обновления топологии сети. В такой мультипротокольной сети подразумевается параллельная работа нескольких разнородных стандартов.

Когнитивный эффект от такого взаимодействия выражается в уменьшении времени задержки при передаче пакетов с полезной нагрузкой, уменьшении инерционности обновления топологической информации, возможности использования энергоэффективного режима работы широкополосных сетей.

Полученный опыт создания мультипротокольных сетей показывает, что решение практических задач по объединению стандартов требует применение новых моделей для совместного анализа разнородных сетей для анализа возможности получения когнитивного эффекта.

Cognitive effect in multiprotocol networks

Talaev A.D., Shevtsov V.A.
MAI, Moscow

A large number of various communication standards are used for transmission of information in the world. Each of them is quite narrowly specialized in its field of application. Expanding the range of use at the expense of one standard is a difficult task, since the requirements imposed in this case are quite contradictory. For instance, considering the application of broadband communication systems, it is possible to determine the requirements for providing a high-speed channel with limited energy resources, transferring the impulse information load and the operational efficiency of the network in a rapidly changing network topology.

The implementation of such requirements can be carried out by creating fundamentally new structures, or by creating multiprotocol communication networks with the achievement of a cognitive effect.

Multiprotocol networks are called networks, where each node supports several standards, the number and composition of which can vary. The combination of heterogeneous standards for highly specialized tasks and the distribution of system functions allows to combine and strengthen the advantages of the protocols and compensate for their shortcomings. Such a combination of protocols can lead to a cognitive effect, which implies obtaining new opportunities for application and improving the quality of system’s characteristics in overall.

As an example, consider combining high-speed broadband networks (Wi-Fi) and narrowband energy efficient communication networks (LPWAN). Broadband networks are used to transfer payload from mobile nodes, e.g. video stream, while LPWAN networks take over the functions of transferring service information and promptly updating the network topology. In such a multiprotocol network, parallel work of several heterogeneous standards is implied.

The cognitive effect of that interaction is expressed in reducing the delay transmitting packets with payload time in reducing the time delay during transmitting packets with payload,

decreasing the inertia of updating topological information, and the possibility of using the energy-efficient mode of operation of broadband networks.

The experience gained in the creation of multiprotocol networks shows that the solution of practical problems of uniting standards requires the use of new models for the joint analysis of heterogeneous networks for further research the possibility to obtain a cognitive effect.

Технические характеристики облачных информационных систем для взаимодействия с беспроводными сенсорными сетями

Терентьев М.Н., Гинзбург И.Б.
МАИ, г. Москва

При внедрении различных систем мониторинга, будь то мониторинг характеристик экспериментальных установок, промышленного оборудования, различных объектов или природных явлений, возникает две группы задач, без решения которых построение системы мониторинга не представляется возможным.

Для решения таких задач подходят многошлюзовые беспроводные сенсорные сети (БСС), которые специально предназначены для быстрого развертывания на существующих объектах обслуживания, обеспечивая возможность гибкой конфигурации работающей БСС.

Для хранения результатов измерений подходят облачные информационные системы (ОИС), обеспечивающие централизованный сбор, хранение и обработку данных, а также распространение полученных результатов обработки с помощью отказоустойчивого веб-интерфейса.

Для обеспечения взаимодействия с БСС технические характеристики ОИС должны соответствовать ряду требований.

1. Пропускная способность каналов передачи данных:

• Входящих – для получения данных от БСС и запросов пользователей на обработанные результаты – должна быть достаточна для сбора данных со всех подключенных датчиков БСС. Например, если один датчик в среднем генерирует поток данных 1 кбайт/с, и таких датчиков нужно подключить 10 000 штук, то входящий канал для приема данных должен иметь пропускную способность не менее 80 Мбит/с;

• Исходящих – для передачи результатов обработки полученных данных пользователям;

• Внутренних – для обеспечения внутренней циркуляции данных в ОИС без задержек.

2. Задержки и потеря пакетов – ОИС должна учитывать задержку каналов передачи данных и возможную потерю пакетов при обработке данных, полученных от БСС, а для потребителей информации должна обеспечиваться задержка не более 100 мс для обеспечения комфортной работы.

3. Вычислительная производительность рассчитывается исходя из предполагаемых задач и может быть увеличена благодаря использованию ОИС.

4. Объем хранилища данных для получаемых данных и результатов их обработки определяется их объемом, сроком актуальности и архивного хранения.

5. Резервирование каналов передачи данных и хранилищ выполняется исходя из характера расчетной нагрузки и требований качества обслуживания.

Использование ОИС позволяет учесть все требования для взаимодействия с БСС, что обеспечивает возможность создания распределенных систем мониторинга с возможностями анализа для широкого круга задач.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Cloud information systems technical characteristics for wireless sensor networks interaction

Terentiev M.N., Ginzburg I.B.
MAI, Moscow

When implementing various monitoring systems for monitoring the characteristics of experimental installations, industrial equipment, various objects or natural phenomena, two groups of problems arise, without solving them the construction of a monitoring system is impossible.

To solve such problems multi-gateway wireless sensor networks (WSN) are suitable, specifically designed for rapid deployment on existing service facilities, providing the possibility of a flexible configuration of the operating WSN.

To store the results of measurements cloud information systems (CIS) are used that provide centralized collection, storage and processing of data, as well as delivery of the processing results using a fault-tolerant web interface.

To ensure interaction with the WSN, the technical characteristics of the CIS must meet a number of requirements.

1. Bandwidth of data transmission channels:

• Incoming – to receive data from the WSN and user requests for processed results – should be sufficient to collect data from all connected WSN sensors. E.g., if one sensor generates a data stream of 1 kbps average, and 10,000 sensors need to be connected, then the incoming data channel must have a bandwidth of at least 80 Mbps;

• Outgoing – to transmit the WSN data processing results to users;

• Internal – to ensure internal circulation of data in CIS without delays.

2. Delay and packet loss – CIS should consider the data transmission channels delay and the possible loss of packets when processing data received from the WSN, and delivered to consumers of information, a delay of maximum 100 ms should be provided to ensure comfortable operation.

3. Computing performance is calculated based on the anticipated tasks and can be increased through the use of CIS.

4. The volume of data storage for the data received and the results of their processing is determined by their volume, the period of relevance and archival storage.

5. Redundancy of data storage and transmission channels is based on the nature of the design load and quality of service requirements.

The use of CIS allows to take into account all the requirements for interaction with the WSN, which makes it possible to create distributed monitoring systems with analysis capabilities for a wide range of tasks.

The research was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the scientific project No. 17-08-01641 A.

Сравнительный анализ характеристик технологий IEEE 802.11p и C-V2x при выборе способов реализации модема в рамках концепции V2x

Тяпкин П.С.
МАИ, г. Москва

В настоящее время технологии передачи информации посредством радиоканала применяются практически во всех сферах жизнедеятельности, в том числе при автоматизации движения транспортных средств. Для данной цели была разработана концепция V2x (Vehicle-to-everything), обеспечивающая взаимодействие между транспортными средствами и своим окружением. V2x включает в себя V2V (vehicle-to-vehicle), V2P (vehicle-to-pedestrian), V2I (vehicle-to-infrastructure) и V2N (vehicle-to-network).

Технология V2x является перспективной не только для автомобилей, но также для воздушного и морского транспорта (обход столкновений на море, земле и в воздухе).

На практике V2x реализуется следующими протоколами:

• Стандарт IEEE 802.11p, ратифицирован в 2004 году в качестве модификации стандарта 802.11a и многократно тестировался в реальных условиях. Максимальная скорость передачи данных – 24 Мбит/с;

• LTE-V2X /5G C-V2X (C – Cellular) позволяет обеспечивать связь между устройствами как через базовую станцию, так и напрямую (в режиме Sidelink, Device-to-Device). Имеет больше преимуществ по сравнению с 802.11p, но до 2019 года находится в стадии разработки.

Данные технологии могут сосуществовать между собой, располагаясь на различных каналах, тем самым, их можно одновременно использовать в одном устройстве. С точки зрения аппаратной интеграции модемов на основе этих протоколов необходимо проведение их сравнительного анализа и определение элементов, которые могут быть реализованы для использования этими протоколами.

Проведенный сравнительный анализ данных технологий показал, что даже если технология C-V2x значительно превосходит модифицированный W-Fi по многим параметрам, для большинства сервисов V2x будет достаточно 802.11p, при этом отсутствует необходимость в модернизации базовых станций. После того, как C-V2x будет полностью закончен, можно будет объединить обе технологии в одном устройстве.

Comparative analysis of the characteristics of IEEE 802.11p and C-V2x technologies in the choice of modem implementation methods within the V2x concept

Tyapkin P.S.
MAI, Moscow

Currently, the technology for transmitting information through radio channels is used in almost all spheres of life, including when automating the movement of vehicles. For this purpose, the V2x (Vehicle-to-all) concept has been developed, providing interaction between vehicles and their environment. V2x includes V2V (car-to-vehicular), V2P (vehicle-to-pedestrian), V2I (vehicle-to-infrastructure) and V2N (vehicle-to-network).

Technology V2x is promising not only for cars, but also for aircrafts and sea transport (bypassing collisions at sea, land and in the air).

In practice, V2x is implemented by each protocol:

• IEEE 802.11p standard, ratified in 2004 in accordance with the 802.11a standard and repeatedly tested in real conditions. The maximum data transfer speed is 24 Mbit/s;

• LTE-V2X / 5G C-V2X (C-Cellular) allows to communicate between the device both through the base station and directly (in Sidelink mode, Device-to-Device). It has more advantages in comparison with 802.11p, but until 2019 is under development.

These technologies can coexist among themselves, being located on different channels, thus, they can be simultaneously used in one section. From the point of view of hardware integration, based on these protocols, it is necessary to perform their comparative analysis and to determine the elements that can be implemented for the use of these protocols.

The comparative analysis of these C-V2x technologies significantly exceeds the modified W-Fi in many respects, for most V2x services there will be enough 802.11p, and there is no need to upgrade the base stations. After the C-V2x is completely finished, it will be possible to combine both technologies in one package.

Применение моделей циклостационарных случайных процессов для описания сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией

Шевгунов Т.Я.
МАИ, г. Москва

В настоящей работе выполнено построение аналитических циклостационарных моделей для сигналов, представляющих собой последовательности импульсов произвольной формы, амплитуды которых модулируются отсчётами случайного стационарного в широком смысле временного ряда с известными вероятностными характеристиками. Сигналы с амплитудно-импульсной модуляцией используется в

качестве основных структурных блоков модели, используемой для описания физического уровня телекоммуникационных сигналов, также такие сигналы находят широкое применение в других задачах радиотехники.

Было показано, что циклостационарные характеристики второго порядка: двумерная корреляционная функция, циклическая автокорреляционная функция, спектрально-корреляционная функция – могут быть получены методом формирующего оператора. Для этого в работе используются характеристики дельта-последовательности со случайными весами, аналитические выражения которых были определены автором, и импульсные или частотные характеристики линейных фильтров, пропорциональные форме единичного импульса или его спектру соответственно. Предложенный способ формирования циклостационарных характеристик не только позволяет существенно сократить необходимый объём аналитических преобразований, но и даёт возможность представить циклостационарные характеристики в замкнутой аналитической форме для ряда практически используемых простых сигналов. Для сигналов сложной формы, заданной аналитически, возможно получение представление в виде конечных сумм.

Проведенный в работе сравнительный анализ циклостационарных характеристик сигнала в виде последовательности импульсов с амплитудной модуляцией и шумоподобного сигнала, полученного в результате фильтрации белого шума, позволил выявить ключевые отличия в составе их циклических автокорреляционных функций. Было показано, что два процесса, обладающие одной и той же одномерной корреляционной функцией, могут иметь отличные внутренние структуры, различимые в рамках их циклостационарных моделей.

Application of cyclostationary random process models to the description of pulse amplitude modulated signals

Shevgunov T.Y.
MAI, Moscow

This work presents the design of analytical cyclostationary models for signals which are trains of arbitrary shaped pulses which amplitudes are modulated by the samples of a wide-sense stationary random time-series with known probabilistic characteristics. The pulse amplitude modulated signals are used as the main building blocks of the model that is used for the physical layer of telecommunication signals; these signals are widely used in other field of radio engineering as well.

It was shown that second-order cyclostationary characteristics such as two-dimensional correlation function, cyclic autocorrelation function, spectral-correlation function could be obtained by means of the forming operator approach. The methods requires the characteristics of random-weighted delta-sequence, which analytical expressions were found by the author, and an impulse or frequency response of the filter which is proportional to the form of the pulse or its spectrum correspondingly. Not only does the proposed approach to the design of cyclostationary characteristics allow reducing the amount of required analytical transformation, but it also provides one with closed-form analytical expressions of cyclostationary characteristics in the case of a relatively simple pulse. The solution for complex-form signal is expected to achieve as a finite sum.

Carried out in the present work comparative analysis of the cyclostationary characteristics evaluated for the pulse train signal and the noise-like signal formed via filtration of a white noise allows finding the key difference in the content of their cyclic autocorrelation functions. It was shown that two processes owning the same conventional autocorrelation function could have different internal structures that are distinguishable within their cyclostationary models.

5. Ракетные и космические системы

5. Rocket and Space Systems

Mission architecture analysis satellite in-orbit servicing

Sankaran Praveen
MAI, Moscow

Mission Definition

The following table helps us define the mission objectives for the In-Orbit Servicing Mission.

In-Orbit Servicing of Satellites [IOSS] Mission Objectives

Primary Objective:

• To Identify and perform In-orbit servicing of satellites on command

Secondary Objectives:

• To service, refuel or replace non-functioning parts/modules of client satellite

• To reduce economic loss as much as possible

• To increase the In-Orbit lifetime of Satellites.

Problem Definition

There are about 1700 active Satellites orbiting the earth out of which 57% of communication satellites are in Geo Stationary Orbit. It is estimated that every year 13% of the satellites are experiencing premature failure which can increase several folds in the years to come. With Commercial Satellite Industry gaining more importance day by day, it is essential to come up with an architecture as early as possible which reduces this loss considerably. The major categories of Commercial Satellite failures are listed. Here we can notice that the failure in electronic instruments and depletion of propellant alone constitutes almost up to 40% of the entire pie.

Major Problems faced by Commercial Satellites can be categorised into the following categories

• Solar Array Deployment Failure

• Antenna Deployment Failure

• Propulsion

• Internal Failures

• Solar Array Failures

• Antenna Failures

Benefits from Servicing

• Revenue increased by adding throughput to the payload by increasing the number of transponders, not increasing the power per channel

• Cost to build the satellite is not expected to be dramatically reduced by adding on-orbit servicing--only minor cost items such as certain thrusters, tanks, and support structures are deleted

• Cost to build satellite would tend to increase if servicing were added because a considerably higher number of transponders would be installed, but revenue generating capability increases faster than cost

• Cost to launch satellite can be decreased by 25% if orbit-raising servicing is introduced and spacecraft is launched to a staging orbit

• Cost to launch satellite could remain the same if satellite is launched directly to GEO instead of performing its own orbit raising manoeuvres

• Gain in revenue larger in magnitude than cost reduction/increase.

Многоразовый ускоритель «Байкал» в перспективной РН среднего класса «Союз-5»

Абдыкалык Е.Е., Шакизадаев Б.Б.
МАИ, г. Байконур

На сегодняшний день одной из перспективных направлений космической деятельности является использование многоразовых ускорителей. Эти исследования позволят обеспечить высокую надежность и безопасности и отказаться от выделения районов падения отделяемых частей, что повысит эффективность выполнения перспективных различных коммерческих программ. Аналогичными разработками сегодня занимаются Россия и Китай, хотя еще недавно казалось, что одноразовые ракеты-носители незаменимы.

Предлагается проект по использованию российского возвращаемого ускорителя первой ступени «Байкал» для семейства ракет-носителей среднего класса «Союз», а именно «Союз-5».Эта РН среднего класса получившая имя «Сункар» разработка которой предусмотрена действующей Федеральной космической программой в рамках опытно-конструкторской работы «Феникс» которая будет реализована на базе космического ракетного комплекса «Зенит». Экономическая эффективность разрабатываемой системы, будет зависеть от разных факторов, и среди них много нерешенных технических задач. Многое зависит от темпов и объемов финансирования, количества заказов на запуск. Поскольку рынок носителей легкого класса переполнен, программу может поддержать только использование «Байкала» в средних и тяжелых носителях.

Основными задачами проекта могут быть:

1) Изучение технических характеристик российского возвращаемого ускорителя первой ступени «Байкал».

2) Сопоставление массово-габаритных характеристик и конструктивных особенностей РН «Союз-5» и ускорителя первой ступени «Байкал».

3) Анализ полученных расчетных и экспериментальных данных.

Перспективный многоразовый ускоритель Байкал имеет свою основную функцию- это стартовый разгон для вывода пилотируемого корабля на орбиту; возможность возвращаться на точку старта с помощью средств обратного полета и далее по траектории совершать мягкую посадку. Использование такого ускорителя даст возможность сократить КА на орбите, снизить риск таких факторов, как экологичность. Основное его достоинство - это универсальность (многоразовый ракетный блок «Байкал» может использоваться в составе средств выведения практически любого класса).

В будущем исследование может быть полезно в разработке отечественных многоразовых ракет, в усовершенствовании существующих проектов, а также в дальнейшем может стать основополагающим направлением для развития космической отрасли стран мировых держав.

The reusable Baikal accelerator in perspective LV of average class “Souz-5”

Abdykalyk E.E., Shakizadayev B.B.
MAI, Baykonur

To date, one of the promising areas of space activities is the use of reusable boosters. These studies will provide high reliability and security, and to abandon the isolation areas falling detachable parts, which will increase the effectiveness of the implementation of promising various commercial programs. Similar developments today are engaged in Russia and China, although more recently it seemed that the one-time boosters are irreplaceable.

A draft on the use of the Russian accelerator return the first stage of "Baikal" for a family of launch vehicles of middle class "Soyuz", namely the "Soyuz-5". This LV middle class will fly the name "Sunkar" development which provides the current Federal Space Program in part of development work "Phoenix" which will be implemented on the basis of space rocket complex "Zenit". The economic efficiency of the project is defined, and among them are many unsolved technical problems. Much depends on the rate and amount of financing, the number of orders at

the launch. Since the media market of the light class is full, the program can support only the use of "Baikal" in the medium and heavy media.

The main objectives of the project are:

1) Study of the technical characteristics of the Russian returned the first accelerator "Baikal" stage.

2) Comparison of the mass-size characteristics and design features of LV "Soyuz-5" and the first stage of accelerator "Baikal".

3) Analysis of the calculated and experimental data.

The perspective reusable Baikal accelerator has the main function - it is starting dispersal for a conclusion of the piloted ship to an orbit; an opportunity to come back to a start point by the return flight and further on a trajectory to soft-land. Use of such accelerator will give the chance to reduce spacecraft in an orbit, to reduce risk of such factors as environmental friendliness. His main advantage is a universality (the reusable rocket Baikal block can be used as a part of means of removal practically of any class).

In the future the research can be useful in development of domestic reusable rockets, in improvement of the existing projects and also further can become the fundamental direction for development of space branch of the countries of world powers.

Исследование возможностей модернизации РБ семейства «ДМ» с целью повышения энергомассовых характеристик

Алексеев М.А.
МАИ, г. Москва

Целью выполненной работы является анализ возможностей повышения энергомассовых характеристик РБ семейства «ДМ» за счет его модернизации.

Рассматриваются проблемы модернизации разгонных блоков за счёт замены компонентов топлива кислород-керосин на компоненты топлива кислород-водород. При использовании на борту жидкого водорода необходимо решить большое количество проблем, связанных с особенностями используемого криогенного компонента.

Во-первых, из-за низкой плотности пары кислород-водород топливный отсек, предназначенный для хранения жидкого водорода, будет иметь размер значительно больше топливных отсеков для других компонентов при одинаковом диаметре, определяемом располагаемыми параметрами и ограничениями ракеты-носителя. Во-вторых, бак для жидкого водорода необходимо обеспечивать системами дополнительной теплоизоляции (включая необходимость поддержания специальных режимов формирования газовой подушки), во избежание активного испарения жидкого компонента. В-третьих, необходимо размещение на РБ значительного количества дополнительных систем, связанных с необходимостью обеспечения надежного функционирования криогенного топливного отсека РБ в различных условиях эксплуатации: от стартовой позиции на поверхности Земли до условий выполнения транспортных операций при движении по околоземной траектории.

Самостоятельным вопросом является возможность использования уже разработанных кислород-водородных ЖРДУ. Возможным вариантом является замена ЖРД 11Д58М на жидкостный ракетный двигатель, работающий на жидком водороде и жидком кислороде РД-0146.

В целом, по объему необходимых работ по модернизации РБ, речь, фактически, идет о разработке нового разгонного блока с новыми компонентами, новым топливным отсеком и новым двигателем при обеспечении приемлемых условий эксплуатации.

Представлены выполненные расчеты по анализу основных проектных параметров и технических характеристик модернизированного РБ.

Предлагаются варианты рациональных конструктивно-компоновочных схем для рассматриваемых случаев.

Investigation of the possibilities of upgrading the accelerating block of the “DM” series in order to improve the energy-mass characteristics

Alexeev M.A.
MAI, Moscow

The purpose of the work performed is to analyze the possibilities of improving the energy and mass characteristics of the accelerating block of "DM" series due to its modernization.

The problems of upgrading overclocking blocks are considered due to the replacement of oxygen-kerosene fuel components with oxygen-hydrogen fuel components. When using liquid hydrogen on board, it is necessary to solve a large number of problems associated with the characteristics of the cryogenic component used.

Firstly, due to the low density of the vapor, the oxygen-hydrogen fuel compartment intended for storing liquid hydrogen will have a size considerably larger than the fuel compartments for other components with the same diameters determined by the available parameters and launch vehicle limitations. Secondly, the tank for liquid hydrogen is necessary to ensure the safety of thermal insulation (including the need to ensure special modes of formation of a gas cushion), in order to avoid active evaporation of the liquid component. Thirdly, depending on how safe and safe it is to work in real time.

An independent question is a possibility of using already developed oxygen-hydrogen rocket propulsion systems. A possible option is to replace LRE 11D58M with a liquid rocket engine operating on liquid alga and liquid oxygen RD-0146.

In general, in terms of the amount of work required to modernize the accelerating block, we are actually talking about the development of a new booster unit with new components, a new fuel compartment and a new engine under the condition of acceptable operating conditions.

Presents the performed calculations on the analysis of the main design parameters and technical characteristics of the modernized booster.

Suggested options for rational design and layout schemes for the cases under consideration.

Прогнозирование технического состояния объектов наземной инфраструктуры

Алексеева Н.Н., Гусев Е.В.
МАИ, г. Москва

Важнейшей особенностью системы эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры является увеличение удельной составляющей систем со сроками эксплуатации, превышающими первоначально установленные показатели назначенного ресурса и срока службы. В статье рассматривается вариант организации системы мониторинга (СМ) на объектах наземной космической инфраструктуры с целью обоснованного продления ресурса, основными особенностями которой являются индивидуальный контроль отдельных систем, оценивание и прогнозирование технического состояния наземной инфраструктуры, что позволит перейти к эксплуатации по фактическому состоянию целого ряда объектов. Однако сложность проблемы создания системы мониторинга обусловливает необходимость дальнейшего совершенствования существующих методик решения совокупности задач, реализующих функции системы мониторинга, в частности, задачи прогнозирования. При разработке математической модели прогнозирования технического состояния примем известными значения параметров коэффициентов запаса по всем определяемым характеристикам. Ими являются коэффициенты запаса, которые определяются при проектировании изделия. В дальнейшем задача заключается в том, чтобы обеспечить достижение проектных уровней избыточности в реальном изделии. Это означает, что нужно либо подтвердить надежность, заданную на этапе проектирования, либо выявить источники отказа и провести необходимые доработки для достижения требуемого уровня надежности, заданного в проекте.

Существующие методы прогнозирования, так или иначе, сводятся к разным способам оценивания вероятности недостижения предельного состояния. Условно их можно разделить на три вида: статистические, параметрические и структурные методы.

Внедрение системы мониторинга в практику эксплуатации космических средств (КСр) позволит уменьшить число отказов объектов наземной космической инфраструктуры (НКИ) в период подготовки составных частей ракеты космического назначения (РКН) и РКН в целом к пуску, но не исключить их полностью.

Forecasting the technical condition of objects of the ground infrastructure

Alekseeva N.N., Gusev E.V.
MAI, Moscow

The most important feature of the system of operation of ground-based space infrastructure facilities is an increase in the specific component of systems with operating lifetimes exceeding the originally established indicators of the assigned life and service life. The article discusses the option of organizing a monitoring system (CM) at ground-based space infrastructure facilities for the purpose of a reasonable extension of the resource, the main features of which are individual monitoring of individual systems, assessment and forecasting of the technical state of the ground infrastructure, which will allow the operation to be operated according to the actual state of a number of facilities. However, the complexity of the problem of creating a monitoring system makes it necessary to further improve existing methods for solving a set of tasks that implement the functions of the monitoring system, in particular, the forecasting tasks. When creating the reliability prediction model, we shall assume that the values of the safety factors for each of the parameters considered are known. They are those stock factors that are laid when designing the product. In the future, the task is to achieve the projected redundancy levels in a real product. This means that you either need to confirm the reliability specified at the design stage, or identify the sources of failure and make the necessary improvements to achieve the required level of reliability specified in the project.

The existing methods of forecasting, one way or another, boil down to different ways of estimating the probability of failure to reach the limit state. Conditionally they can be divided into three types: statistical, parametric and structural methods.

The introduction of a monitoring system into the operation of space assets (CSP) will reduce the number of failures of ground-based space infrastructure objects (NPI) during the preparation of the components of a space rocket (RNS) and an ILV as a whole to launch, but not completely eliminate them.

Анализ воздействия космического ионизирующего излучения на человека при полете на Марс

Балкен Д.Б.
НГТУ, г. Новосибирск

В ближайшей перспективе предполагаются пилотируемые полеты на Марс. В связи с этим одной из актуальной становится задача биологической индикации предполагаемой трассы полета и условий на Марсе с позиции разработки необходимых систем обеспечения жизнедеятельности (СОЖ), обеспечивающих безопасность экипажа.

Целью настоящей работы является анализ характеристик и оценка биологической значимости интенсивности ионизирующего излучения применительно к трассе полета и на поверхности Марса, а также сравнение данного фактора на примере высотного излучения в атмосфере Земли.

Проведенный ранее анализ особенностей биоритмологии человека показал, что одним из наиболее биологически значимых факторов окружающей среды является ионизирующее излучение

Степень повреждений, наносимых радиацией человеку, зависит от удельной энергии потока элементарных частиц радиации и от времени воздействия радиационного излучения. При длительных космических полетах в межпланетном пространстве радиационная опасность обусловлена совместным действием галактического и солнечного космических излучений.

В работе приведены результаты анализа влияния космического ионизирующего излучения на человека. Было установлено, что важнейшим элементом системы жизнеобеспечения для данного полёта должна быть мощная многократная радиационная защита пилотируемого модуля космического аппарата.

При полете по трассе Земля-Марс-Земля следует учитывать несколько источников ионизирующего излучения: галактическое космическое излучение (от 0.433 до 1.3 Зв/год), солнечное космическое излучение (от 1.155 до 2.31 Зв/год) и радиационные пояса Земли (около 18 Зв).

Оценки доз по трассе полёта Земля – Марс – Земля показывают, что за весь период полёта длительностью 2…3 года дозы облучения человека могут составить 5…50 Зв. Такие значения соответствуют смертельно опасному уровню воздействия на организм.

В заключении выполнено сравнение космического излучения с высотным ионизирующим излучением, воздействующим на летный персонал, а также на членов экипажа МКС. Выявлены общие закономерности влияния повышенного или пониженного ионизирующего излучения на организм человека, которые позволяют проводить исследование особенностей систем защиты от радиации при длительных космических полетах.

Analysis of a space ionizing radiation influence on the human organism at the flight to Mars

Balken D.B.
NSTU, Novosibirsk

In the nearest future manned flights to Mars are planned. Because of this problem of biological indication of estimated flight path and life conditions on Mars become actual from the position of developing necessary life support systems (LSS), which provide safeness of the crew.

Objective of the work is analysis of ionizing radiation intensity's characteristics and biological significance in the context of flight path to Mars and on its surface, and also comparative quantification of this factor on the example of high-altitude radiation in the Earth's atmosphere.

By the results of features’ of people’s biorhythmology analysis, one of main biologically significant environment’s factors is ionizing radiation.

The degree of damage caused by radiation depends on density of elementary particle radiation flow and the time of exposure to radiation. During long space missions in interplanetary space radioactive emitting submitted by mixing of galactic cosmic rays and solar cosmic rays.

In this work listed results of the analysis of cosmic ionizing radiation effects on humans. It was found that powerful multiple radiation protection manned space-craft module is the most important element of life support system for the flight.

For the route of flight (Earth – Mars – Earth) it is necessary to consider several ionizing radiation sources: the galactic space radiation (from 0.433 to 1.3 Sv/year), solar space radiation (from 1.155 to 2.31 Sv/year) and radiation belts of Earth (about 18 Sv).

Assessment of ionizing radiation doses on the flight path Earth - Mars - Earth show that for the entire period of flight (2...3 years) the radiation dose for a person may be 5...50 Sv.

In conclusion we did a comparison of cosmic radiation and high-altitude ionizing radiation, which affects on flight personal and ISS crew. Were revealed general regularities of the influence of high or low ionizing radiation on the human organism, that allow to conduct research of systems' of radiation protection features during long space flights.

Моделирование взаимодействия ультразвука с костной тканью в задаче ускорения заживления травм космонавтов в долговременных космических полётах

Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С.
МАИ, г. Москва

Для многолетних космических полетов за орбиту Земли и для обитаемых баз на Марсе и Луне актуальной является задача создания лечебно-профилактического комплекса для

ускорения заживления травм космонавтов и, следовательно, повышения безопасности полетов. Применение медико-технических средств на основе ультразвука открывает возможность для быстрого и эффективного лечения травм космонавтов, которые быстро теряют костную массу в условиях длительной невесомости [1].

Для выбора параметров ультразвукового излучателя проведено математическое моделирование прохождения ультразвуковой волны через костные ткани космонавта в области лучевой кости. По ходу ультразвука лучевая кость представлена формализовано в виде системы слоев тканей: мягкой ткани, кортикального слоя, губчатого слоя и костного мозга. Использована упрощенная одномерная модель воздействия ультразвуковых волн на многослойную структуру ткани организма, учитывающая отражение ультразвука на границах слоев, что позволило оценить упругие и тепловые напряжения, вызываемые ультразвуком в клетках ткани. Допустимость применения упрощенной модели на начальных этапах анализа подтверждается практикой исследований различных авторов [2].

Проведены расчет и анализ механических упругих напряжений и градиентов температуры на биологические клетки кортикального слоя кости. В результате выбраны рекомендуемые параметры ультразвука для регенерации костной ткани космонавта: интенсивность в источнике ультразвука: 0,05 – 0,1 Вт/см2, частота колебаний 0,02 – 0,1 МГц, продолжительность непрерывного воздействия не более 10 минут.

Литература:

1. 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.

2. Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С. Анализ параметров ультразвукового излучения для регенерации костной ткани космонавтов в длительных космических полетах // Труды МАИ. 2017 № 92. С. 25.

Modeling the interaction of ultrasound with the bone tissue in the problem of accelerating the healing of injuries of cosmonauts in long-term space missions

Belozerova I.N., Kudriavtseva N.S.
MAI, Moscow

For longterm space missions for the Earth's orbit and for the inhabited bases on Mars and the Moon, the task of creating a treatment-and-prophylactic complex for accelerating the healing of injuries of cosmonauts and, consequently, increasing the safety of flights is urgent. The use of medical and technical means based on ultrasound opens the possibility for a quick and effective treatment of injuries of the cosmonauts who quickly lose bone mass in the conditions of longterm weightlessness [1].

To select the parameters of the ultrasonic radiator, a mathematical modeling of the passage of an ultrasonic wave through the bone tissues of a cosmonaut in the region of the radial bone was carried out. In the course of ultrasound, the radial bone is formalized in the form of a system of layers of tissues: soft tissue, cortical layer, tubular tissue and bone marrow. A simplified one-dimensional model of ultrasonic waves influence on the multilayer structure of the body tissue is used, which takes into account the ultrasound reflection at the boundaries of the layers, which made it possible to evaluate the elastic and thermal stresses caused by ultrasound in tissue cells. The acceptability of applying a simplified model at the initial stages of the analysis is confirmed by the practice of research by various authors [2].

Calculation and analysis of mechanical elastic stresses and temperature gradients on biological cells of the cortical bone layer were fulfilled. As a result, the recommended ultrasound parameters for the regeneration of the cosmonaut's bone tissue were chosen: the intensity in the ultrasound source is 0.05 – 0.1 W / cm2, the oscillation frequency is 0.02 – 0.1 MHz, the duration of continuous expo-sure is no more than 10 minutes.

References:

1. Belozerova I.N., Kudriavtseva N.S. Application of ultrasound for regeneration of the cosmonaut injured bone tissue during long term space missions. In the book: Aviation and Cosmonautics – 2017 theses. Moscow Aviation Institute (National Research University). 2017. P. 255-257.

2. Belozerova I.N., Kudriavtseva N.S. Analysis of ultrasound parameters for a spaceman bone tissue regeneration during longterm space missions // Trudy MAI. 2017. No. 92. P. 25.

Анализ эффективности совместной работы теплового аккумулятора и радиатора излучателя в системах обеспечения теплового режима космических аппаратов

Белявский А.Е., Шангин И.А.

МАИ, г. Москва

Для осуществления космических полетов на борту космического аппарата (КА) должна быть создана эффективная система обеспечения теплового режима (СОТР), поддерживающая тепловые условия работы экипажа, бортовых систем, приборных комплексов и элементов конструкции КА.

Системы, основанные на конвекции в замкнутых контурах, получили наиболее широкое распространение в СОТР КА. Поскольку излучение является единственный способом, которым тепло может быть отведено в космос без потерь хладагента, то все замкнутые конвективные системы имеют радиатор-излучатель. Радиатор-излучатель является в подобных системах наиболее габаритным и массивным элементом. Традиционно радиатор - излучатель проектируется из расчета работы при максимальной тепловой нагрузки. Применение теплового аккумулятора позволяет использовать радиатор – излучатель, спроектированный по среднеинтегральной тепловой нагрузке. При тепловой нагрузке на КА выше среднеинтегральной тепловой аккумулятор накапливает тепловую энергию, при нагрузке ниже – отдает. Установка теплового аккумулятора в системе терморегулирования может производиться в двух вариантах: последовательно или параллельно с радиационным теплообменником. В варианте последовательного соединения солнечная или внутренняя энергия передается к аккумулятору тепла, а затеи к рабочей жидкости. Температура в аккумуляторе всегда будет выше температуры рабочей жидкости.

Вариант с параллельным соединением теплообменника и теплового аккумулятора работает так, что тепло передается к рабочей жидкости, а от нее к аккумулятору тепла. При этом температура рабочей жидкости будет всегда выше, чем температура аккумулятора. Когда внешние и внутренние источники тепла отсутствуют, энергия подводится от аккумулятора тепла к рабочей жидкости, и ее температура понижается в соответствии с условиями теплообмена.

Analysis of the efficiency of joint operation of the heat accumulator and radiator of the radiator in the systems of ensuring the thermal regime of spacecraft

Bielawski A.E., Shangin I.A.

MAI, Moscow

To carry out space missions on Board a spacecraft (SC), an effective system for ensuring the thermal regime should be created, which supports the thermal conditions of the crew, onboard systems, instrument complexes and SPACECRAFT structural elements.

Systems based on convection in closed circuits are most widely used in SATELLITES. Since radiation is the only way in which heat can be withdrawn into space without loss of refrigerant, all closed convective systems have a radiator-radiator. Radiator-radiator is the most dimensional and massive element in such systems. Traditionally, the radiator-radiator is designed based on the maximum thermal load. The use of a heat accumulator allows the use of a radiator – radiator, designed for medium-integrated thermal load. At a thermal load on the SPACECRAFT above the average integral heat accumulator accumulates thermal energy, at a load below-gives

The installation of the heat accumulator in the temperature control system can be carried out in two variants: in series or in parallel with the radiation heat exchanger. In the case of serial

connection, solar or internal energy is transferred to the heat accumulator, and the idea to the working fluid. The temperature in the battery will always be higher than the temperature of the working fluid.

The variant with a parallel connection of the heat exchanger and the heat accumulator works so that the heat is transferred to the working fluid and from it to the heat accumulator. The temperature of the working fluid will always be higher than the temperature of the battery. When external and internal heat sources are absent, the energy is supplied from the heat accumulator to the working fluid, and its temperature decreases in accordance with the heat exchange conditions.

Научно-методический аппарат оценки работоспособности механизмов подъема агрегатов подвижного технологического оборудования наземных комплексов с учетом отклонений от требований рабочей документации и режимов статического и динамического нагружений

[1]Беляков М.А., [2]Буланов С.В., [2]Егоров О.В., [2]Сизанов А.В., [1]Сова А.Н.
[1]МАДИ, [2]филиал ФГУП «ЦЭНКИ» - «КБ «Мотор», г. Москва

Существующий научно-методический аппарат оценки работоспособности механизмов подъема агрегатов подвижного технологического оборудования (ПТО) наземных комплексов (НК) не в полной мере учитывает отклонения механизмов и их составных частей от требований рабочей документации и особенности режимов статического и динамического нагружений.

Целью исследования является обеспечение и повышение работоспособности механизмов подъема агрегатов ПТО НК.

Достижение цели исследования основано на решении приведенных ниже частных задач исследования.

1. Анализ современного состояния вопроса создания и эксплуатации механизмов подъема агрегатов ПТО НК на базе многоступенчатых телескопических гидроцилиндров.

2. Разработка результатов математического моделирования функционирования механизмов подъема агрегатов ПТО НК.

3. Разработка результатов экспериментальных исследований механизмов подъема агрегатов ПТО НК.

4. Обоснование и разработка методики выбора состава, параметров и структуры механизмов подъема агрегатов ПТО НК на базе телескопических гидроцилиндров.

5. Обоснование и разработка рекомендаций по созданию и эксплуатации механизмов подъема агрегатов ПТО НК с учетом зависимости работоспособности многоступенчатых гидроцилиндров от типа, характера и величины отклонений от требований рабочей документации в режимах статического и динамического нагружений.

Научная новизна и теоретическая значимость результатов исследований состоит в развитии теории создания и эксплуатации подвижного технологического оборудования наземных комплексов в части, касающейся обоснования и разработки научно-методического аппарата оценки работоспособности механизмов подъема агрегатов ПТО НК с учетом отклонений механизмов и их составных частей от требований рабочей документации и режимов статического и динамического нагружений.

Практическая значимость результатов исследований заключается в обеспечении и значительном повышении работоспособности механизмов подъема на базе многоступенчатых гидроцилиндров с учетом типа, характера и величины отклонений от требований рабочей документации в режимах статического и динамического нагружений.

Практическая значимость результатов исследований подтверждается их реализацией при создании и эксплуатации агрегатов подвижного технологического оборудования наземных комплексов в рамках специальных программ.

Scientific and methodological apparatus for evaluating the performance of mechanisms for lifting aggregates of MTE of GC taking into account deviations from the requirements of working documentation and static and dynamic loading modes

[1]Belyakov M.A., [2]Bulanov S.V., [2]Egorov O.V., [2]Sizanov A.V., [1]Sova A.N.
[1]MADI, [2]branch of FSUE "TsENKI" - "KB" Motor ", Moscow

The existing scientific and methodological apparatus for assessing the performance of lifting mechanisms for mobile technological equipment (MTE) ground complexes (GC) does not fully take into account the deviations of the mechanisms and their components from the requirements of the working documentation and features of the static and dynamic loading modes.

The aim of the research is to ensure and improve the efficiency of lifting mechanisms for MTE GC units.

Achieving the goal of the research is based on solving the following particular tasks.

1. Analysis current state of the issue of the creation and operation of lifting mechanisms for MTE GC units based on multistage telescopic hydraulic cylinders.

2. Development results of mathematical modeling of the functioning of the lifting mechanisms of MTE GC units.

3. Development results of experimental studies of the mechanisms of lifting units MTE GC.

4. Rationale and development of methods for selecting the composition, parameters and structure of the mechanisms of lifting units MTE GC on the basis of telescopic hydraulic cylinders.

5. Rationale and development of recommendations for the creation and operation of lifting mechanisms for MTE GC units, taking into account the dependence of the working capacity of multistage hydraulic cylinders on the type, nature and size of deviations from the requirements of working documentation in the modes of static and dynamic loading.

The scientific novelty and theoretical significance of the research results consists in the development of the theory of creating and operating mobile technological equipment for ground-based systems in terms of substantiation and development of the scientific and methodological apparatus for evaluating the performance of lifting mechanisms for MTE GC units, taking into account the deviations of mechanisms and their components from the requirements of working documentation and modes of static and dynamic loading.

The practical significance of the research results is to ensure and significantly improve the performance of lifting mechanisms based on multistage hydraulic cylinders, taking into account the type, nature and magnitude of deviations from the requirements of working documentation in static and dynamic loading modes.

The practical significance of the research results is confirmed by their implementation in the creation and operation of units of MTE of GC in the framework of special programs.

Моделирование лучисто-конвективного теплообмена в программном обеспечении "THERM" при наличии естественной конвекции

Борщев Н.О., Белявский А.Е.
МАИ, г. Москва

Развитие авиационной и ракетно-космической техники привело к значительному усложнению теоретического анализа температурных полей сложных конструкций.

Данная работа посвящена изложению предложенной методики оценки теплового состояния конструкций космических аппаратов при наличии свободно-молекулярного естественного охлаждения при использовании отечественного программного обеспечения «Therm» для условий тепловой наземной отработки на примере исследования температурного нестационарного поля автономного стыковочного агрегата с учетом его прогрева по толщине. Данный пример исследует изотропную трехмерную постановку задачи для испытуемого объекта при задании граничных условий в виде интегрального лучисто-конвективного потока, создаваемого инфракрасными излучателями и естественной окружающей средой.

Первым этапом задается трехмерная физико-математическая модель в пакете «Therm»: воспроизводятся граничные условия в виде задания эффективных излучающих температур на ИК-имитаторах, имитирующих диффузный нагрев, далее задаются тепловые кондуктивные связи между всеми элементами конструкции, задаются их теплофизические и радиационные свойства, задается время расчета.

Далее решается итерационная задача распределения температур по объекту, предварительно просчитав лучистые тепловые связи между всеми излучающими поверхностями:

1.Считается температурное поле в лучисто-кондуктивном приближении до следующей точки выдачи данных

2.Массив полученных температур импортируется в разработанный программный модуль расчета коэффициентов теплоотдачи.

3.Массив полученных коэффициентов теплоотдачи импортируется в модель объекта в «Therm». Задаются тепловые кондуктивные связи, моделирующие конвекцию в виде рассчитанных коэффициентов теплоотдачи между центрами масс элементов и элементом, имитирующим окружающую среду.

4.Циклическое повторение пунктов 1-4 до достижения конечного времени расчета.

Simulation of radiant-conductive heat transfer in the "Therm" software in the presence of natural convection

Borshev N.O., Beliavskiy A.E.
MAI, Moscow

The development of aviation and rocket and space technology has led to a significant complication of the theoretical analysis of the temperature fields of complex structures.

This work is devoted to the presentation of the proposed method for estimating the thermal state of spacecraft structures in the presence of free-molecular natural cooling using the domestic software "Therm" for thermal ground-working conditions by examining the temperature nonstationary field of an autonomous docking aggregate taking into account its warming through the thickness. This example examines the isotropic three-dimensional formulation of the problem for the object under test when boundary conditions are specified in the form of an integral radiant-convective flow created by infrared emitters and a natural environment.

The first step is the three-dimensional physico-mathematical model in the "Therm" package: the boundary conditions are reproduced in the form of specifying effective radiating temperatures on IR simulators simulating diffuse heating, then thermal conductive connections between all the structural elements are specified, their thermophysical and radiation properties, the calculation time is specified. Then the iterative problem of temperature distribution over the object is solved, having previously calculated radiant thermal bonds between all radiating surfaces:

1. The temperature field is assumed to be in the radiant-conductive approximation to the next data point

2. The array of obtained temperatures is imported into the developed software module for calculating heat transfer coefficients.

3. The mass of the obtained heat transfer coefficients is imported into the model of the object in the "Therm". Thermal conductive links are established that simulate convection in the form of calculated coefficients of heat transfer between the centers of mass of elements and an element imitating the environment.

4. Cyclic repetition of points 1-4 before reaching the final calculation time.

Исследование возможности использования активной электромагнитной теплозащиты на высокоскоростных летательных аппаратах

Бродский М.Ю., Прудников Ф.Е., Коробовцев А.С., Кромка К.В.
МАИ, г. Москва

Основным препятствием на пути создания летательных аппаратов имеющих скорость полёта более пяти махов в плотных слоях атмосферы на текущем этапе развития техники

является так называемый «тепловой барьер» - явление интенсивного аэродинамического нагрева элементов конструкции ЛА. Более всего ему подвержены: передние кромки аэродинамических плоскостей, головные обтекатели и входные устройства воздухозаборников.

Масса средств обеспечивающих отвод тепла от поверхности изделия зависит от их типа, и величины теплового потока. Наименьшей массой обладают так называемые горячие конструкции с радиационным (лучистым) охлаждением, однако область их применения ограничивается жаропрочностью и жаростойкостью конструкционных материалов.

В настоящее время их рабочая температура достигает 1200С (1473,15К), что соответствует, сбрасываемому абсолютно чёрным телом тепловому потоку: 2,671*105 Вт/М2. Для сравнения тепловой поток в передней критической точке сферы радиусом 0,1 М при скорости полёт 5км/с на высоте 50 км в соответствии с уравнением Фея-Риддела составит: 7,956*107 Вт/М2.

Использование абляционных теплозащитных покрытий на многоразовых ЛА не целесообразно.

Другим решением, обеспечивающим вынос тепла из системы, без его накопления в конструкции, может стать регенерационное охлаждение одним из компонентов топлива.

Однако масса рубашек охлаждения ЖРД значительна, и установка аналогичных средств на все теплонагруженные участки изделия негативно скажется на его массовых характеристиках.

Более целесообразным может оказаться снижение интенсивности поступления тепла, до уровня определяемого ограниченными возможностями по его сбросу.

Интенсивность теплообмена между поверхностью конструкции и обтекающим её потоком определяется их температурами и скоростями течения в сжатом и пограничном слоях. Скорость в сжатом слое зависит от расстояния между скачком уплотнения и передней критической точкой. Поэтому наиболее логичным решением представляется отодвинуть ударную волну, увеличив радиус затупления носка.

Однако применение такого подхода имеет ряд конструкционных ограничений. Более того, уменьшая конвективный нагрев таким способом, мы увеличиваем нагрев лучистый.

Целью данной работы является: исследование возможности воздействия на характеристики скачка уплотнения образующегося перед входящим в плотные слои атмосферы спускаемым аппаратом, электромагнитным полем высокой интенсивности с целью снижения конвективного аэродинамического нагрева элементов его конструкции.

Investigation of the possibility of using active electromagnetic thermal protection on high-speed aircraft

Brodsky M.Y., Prudnikov F.E., Korobovtsev A.S., Kromka K.V.
MAI, Moscow

The main obstacle during creation of aircraft with a flight speed more than five Mach’s numbers in the dense layers of the atmosphere in the current technological level is intense heating of aircraft structural elements. In the most dangerous position are the front edges of aerodynamic surfaces, nose cones and front devices of the air intakes.

The mass of the heat removal means depends on their type and the heat flux. The hot construction has the lowest mass, but its application is limited by the heat resistanse of other construction and structural materials.

At present, their working temperature reaches 1200C (1473,15K), what corresponds to the heat flux discharged by black body equal to 2,672x105 W/m2. For comparison, the heat flux in the front critical point of the sphere with radius of 0,1 m at flight speed of 5 km/sec at an altitude of 50 km is 7,956x107W/m2.

Another solution that provides heat removing without its accumulation in construction is regenerative cooling by one of the rocket fuel component. However, the mass of liquid-fuel

rocket engine's cooling jacket is huge, and installation of similar devices in the all heat-loaded parts will significantly increase the total mass of aircraft.

More practical way may be decreasing of the heat income to a level that determined by means to heat discard.

The Intensity of heat exchange between the surface of aircraft and the stream flowing around is determined by temperatures and flow velocities in the compressed and boundary layers. The velocity in the compressed layer depends on the distance between the shock wave and the front critical point. Therefore, the most reasonable solution is to push back the shock wave due to the usage of aerodynamic forces, increasing the radius of blunting of the nose. However this method negatively affects to the aerodynamic characteristics of the aircraft and has a number of structural limitations. Moreover, reducing the convective heating we increase radiant heat, which is undesirable in case of entering the atmosphere at high speeds.

The purpose of this work is to investigate the possibility of influencing to the emerging in case of descending into the dense layers of atmosphere shock wave characteristics by the high intensity electromagnetic field in order to reduce the convective aerodynamic heating of the aircraft's structure elements.

Анализ вариантов аэрогазодинамического управления при формировании облика беспилотного летательного аппарата

Виндекер А.В., Парафесь С.Г.
МАИ, г. Москва

Моментное или поперечное аэрогазодинамическое управление (АГУ) обеспечивает беспилотный летательный аппарат (БЛА) высокой маневренностью. Моментное АГУ реализуется двумя способами:

• Используя органы системы управления вектором тяги (СУВТ) основного двигателя;

• Используя дополнительные специальные газодинамические устройства.

Возможность управления БЛА во всех трех канала, в том числе – крен, является преимуществом первого способа. При его реализации газовые рули размещают в сопле двигателя БЛА или сразу за его срезом. Недостатком управления БЛА при отклонении струи двигателя является большой радиус поворота траектории вследствие ускорения БЛА на участке его склонения или набора скорости.

Данный недостаток нивелируется при использовании в аэрореактивных системах (АРС), в таких системах применяются газодинамические органы управления, где сопло вынесено в крыло или стабилизатор и за счет истекающих струй и одновременного отклонения элеронов обеспечивается управление БЛА по крену при скоростном потоке, приближенным к нулю. В такой системе обязательно наличие устройства, регулирующего скорость потока газов, для контроля управляющего усилия, что является недостатком. Также в такой системе можно управлять БЛА тандемом классических рулей и потоком газовой струи, которая истекает параллельно плоскости руля.

Еще один способ моментного АГУ – применение импульсной двигательной установки. Она позволяет решать задачи управления БЛА по траектории, в том числе и при неработающем маршевом двигателе. Для поперечного управления необходимо специальные двигатели устанавливать в центре масс, тяга таких двигателей намного выше аналогичных по конструкции устройств моментного АГУ.

Каждый из рассмотренных вариантов обеспечения АГУ имеет свои достоинства и недостатки. Выбор того или иного способа АГУ является сложной, во многом неформальной задачей, занимающей одно из центральных мест при формировании облика БЛА, и требующей неоднократное обращение к ней на последующих этапах разработки БЛА.

Analysis of aero-gas-dynamics control variants at formation of the unmanned aerial vehicle concept

Vindecker A.V., Parafes' S.G.
MAI, Moscow

Moment or force aero-gas-dynamics control provides unmanned aerial vehicle (UAV) high maneuverability. Moment aero-gas-dynamics control is obtained in two ways:

• Using the thrust vector control system of the main engine;

• Using additional special gas-dynamic devices.

The ability to the UAV control in all three channels, including roll, is an advantage of the first method. When it is implemented, the gas rudders are placed in the nozzle of the UAV engine or just behind its cut. The disadvantage of UAV control when deflecting the engine jet is a large trajectory rotation radius due to the UAV acceleration at the part of its declination or trajectory section of the increasing speed of the UAV.

This disadvantage disappears when using aero-jet systems. In such systems, gas-dynamic controls are used, in which the nozzle is placed in the wing or stabilizer. Flowing jets and simultaneous deflection of the ailerons provide control of the UAV roll at a high-speed flow close to zero. The aero-jet systems must necessarily contain a special device that regulates the gas flow rate to control the control force, which is the disadvantage. Also, this system provides UAV control by means of a joint action of classical rudders and the gas jet flowing parallel to the rudder plane.

Another method of the moment aero-gas-dynamics control is the use of a pulsed propulsion system. This system allows solving problems of UAV trajectory control, including at the main engine off. For the force aero-gas-dynamics control, special engines must be installed in the mass center of the UAV; the thrust of such engines is much higher than similar engines used at the moment aero-gas-dynamics control.

Each of the considered variants for providing the aero-gas-dynamic control has its advantages and disadvantages. The choice of a particular method of the aero-gas-dynamic control is a complex, informal challenge, which occupies a central place at formation of the UAV concept. This challenge requires repeated return to it in the subsequent stages of UAV design.

Проблема космического мусора

Гапанькова Е.С., Шубина М.А., Егорова А.В., Кузавлева В.Ю.
МАИ, г. Москва

Это задача, которая остается, на данный момент, без решений и растет с геометрической прогрессией каждый год (с каждым запуском космического объекта). Космический мусор - это искусственные объекты вышедшие из строя, не подлежащие восстановлению. Начиная с запуска первого космического аппарата и по сей день космического мусора становится все больше. Обломки, объекты вышедшие из строя, отделившиеся ступени ракеты -все это представляет угрозу для безопасного функционирования запускаемых с Земли космических аппаратов.

На данный момент нет решения проблемы космического мусора, но ведутся разработки: систем слежения за космическими обломками, покрытий для защиты объектов. А так же ограничение по загрязнению космического пространства околоземной орбиты (ГОСТ Р 52925-2018)

На данный момент суммарный вес космического мусора равен 5000 тон, а количество объектов - больше 1000 штук. Сейчас ученые предлагают свои идеи по решению данной проблемы, но они все выглядят нелепо, так как являются либо слишком дорогими, либо не соответствуют уровень научного развития. Например: создание спутников, которые смогут захватывать мусор и направлять в нужную сторону или способных перерабатывать обломки в топливо.

Подытоживая данную работу, на тему "Проблема космического мусора", могу сказать, что космический мусор может стать основной проблемой в космической сфере так как, практических мер устранения объектов на орбитах свыше 600 километров нет, а с каждым

запуском, столкновением космического мусора становится все больше. В данный момент на орбите находится около 6600 объектов, из которых 94% "космический мусор".

The problem of space debris

Gapankova E.S., Shubina M.A., Egorova A.V., Kuzavleva V.Y.
MAI, Moscow

Space debris - these are artificial objects that are out of order, not subject to recovery. Since the launch of the first spacecraft and to this day, space debris is growing. The wreckage, the objects that failed, the separated stages of the rocket-all this poses a threat to the safe operation of spacecraft launched from Earth.

At the moment, there is no solution to the problem of space debris, but the development is underway: systems for tracking space debris, coatings for the protection of objects. And also the limitation on the pollution of outer space near-earth orbit (GOST R 52925-2018)

At the moment, the total weight of space debris is 5000 tons, and the number of objects is more than 1000 pieces. Now scientists are offering their ideas to solve this problem, but they all look ridiculous, because they are either too expensive or do not correspond to the level of scientific development. For example: the creation of satellites that will be able to capture debris and direct to the right side or capable of processing debris into fuel.

Summarizing this work on the "Space debris problem", I can say that space debris can become a major problem in the space sphere, since there are no practical measures to eliminate objects in orbits over 600 kilometers, and with each launch, the collision of space debris is increasing. At the moment, about 6600 objects are in orbit, 94% of which are "space debris".

Проект разработки литиевых месторождений в околоземном космическом пространстве

Демин Г.Р., Войцицкая Э.П., Игнаткин М.М., Манец А.А.
МАИ, г. Москва

В настоящее время человечество подходит к исчерпанию ресурсов Земли. Проводятся изыскания новых месторождений материалов, жизненно необходимых для развития людских технологий, к примеру, цветных металлов. Однако запасы земных полезных ископаемых являются ограниченными. Одним из возможных путей решения этой проблемы является использование ресурсов небесных тел Солнечной системы, относительно близко расположенных к планете Земля. Предлагается проект, подразумевающий промышленную разработку астероидов, являющихся, согласно многочисленным научным данным, достаточно ёмким ресурсом для растущих потребностей мирового сообщества. В процессе работы была предложена космическая система, целью которой является промышленная разработка астероидов в условиях малой гравитации. В качестве небесных тел-целей рассматривались астероиды в окрестностях орбиты Земли, богатые литиевыми месторождениями.

В ходе проведенных исследований были освещены и предложены возможные проектные решения для следующих вопросов:

1. Обеспечения подлета к астероиду и устойчивого закрепления на нем [1];
2. Способы промышленной разработки и переработки исходного вещества астероида в полуфабрикаты, пригодные для дальнейшего использования;
3. Система доставки переработанных материалов на основе специализированных транспортных космических аппаратов [2] в рабочую окрестность околоземного космического пространства или на саму Землю.

Также в работе оценивается практическая, экономическая и стратегическая целесообразность предложенного проекта и его принципиальное значение для всего человечества.

Литература:

[1] – Войцицкая Э.П., Демин Г.Р.: «Разработка проектных решений для защиты Земли от астероидно-кометной опасности», сборник тезисов XLIV Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения 2018», М., 2018.

[2] – Григорова К.А., Игнаткин М.М., Манец А.А., Михнева С.Е.: «Разработка предложений по модернизации БВК «Радуга»», М., МАИ, каф. 601, 2018.

Mining of lithium deposits in the near-earth space

Demin G.R., Voitsitstkaya E.P., Ignatkin M.M., Manets A.A.
MAI, Moscow

At the moment humanity is coming to the exhaustion of the Earth's resources. New deposits of materials vital for the development of human technologies such as non-ferrous metals are being explored. However the reserves of the earth's mineral resources are limited. One possible way to solve this problem is to use the resources of the celestial bodies of the Solar system relatively close to the planet Earth. A project is proposed that involves the industrial development of asteroids which according to the numerous scientific data is a sufficiently large resource for the growing needs of the world community. In the process of work the space system was proposed, which purpose is the mining of asteroids in low gravity conditions. As celestial bodies-targets were considered an asteroids in the near-earth's space which are rich in lithium deposits.

During the research possible were highlighted and proposed design solutions for the following issues:

1. Ensuring approach to the asteroid and stable fixation on it [1];
2. Methods of mining and processing an original asteroid's substance into semiproducts suitable for further use;
3. The system of delivery of semiproducts to the nessesary area of near-earth space or to the Earth itself based on the specialized spacecraft [2];

The work is also estimates practical, economic and strategic feasibilities of the project and its fundamental importance for all mankind.

References:

[1] - Voitsitskaya E.P., Demin G.R.: "Development of design solutions to protect the Earth from asteroid-comet danger", proceedings of the XLIV International youth scientific conference"Gagarin readings 2018", M., 2018.

[2] - Grigorova, C.A., Ignatkin M.M., Manets, A.A., Mihneva S.E.: "The development of suggestions about modernization of BVK "Raduga", M., MAI, dep. 601, 2018.

Представление опыта стратосферного полета инженерной модели малого космического аппарата формата Cubesat

Дмитриев В.С., Биндиман А.П., Петров И.С.
МАИ, г. Москва

Рынок запусков наноспутников с каждым годом берет все больший процент в общей статистики. Студенческие космические аппараты являются весомой научно-практической базой образовательных проектов, нацеленных на получение знаний и умений, которые необходимо получить студентам - будущим кадрам, заинтересованным в дальнейшем развитии ракетно-космической области.

Рынок запусков наноспутников с каждым годом берет все больший процент в общей статистики. Студенческие космические аппараты являются весомой научно-практической базой образовательных проектов, нацеленных на получение знаний и умений, которые необходимо получить студентам - будущим кадрам, заинтересованным в дальнейшем развитии ракетно-космической отрасли.

В данном докладе, речь идет о первой ступени на пути к реальным космическим аппаратам - их прототипам, создаваемых для работы, в условиях, местами более суровых, чем в космосе - в условиях стратосферы. Студентами МАИ был разработан и собран инженерный макет малого космического аппарата формата кубсат. В основе электронной составляющей аппарата были взяты "коробочные" компоненты с открытыми исходными

кодами. Конструкция аппарата была выполнена по модульной схеме, с резервированием основных систем - дублированием. Первый модуль - был выполнен из металла, второй модуль был получен методом аддитивных технологий. Модули имели разную теплозащиту, помимо этого отличие было в частоте радиоканала и типе применяемой на модуле антенне. По итогу полета аппарат выполнил весь возложенный на него функционал, успешно передал телеметрию на наземную станцию, снимал показания с сенсорики и системы инерциальных датчиков, выполнил серию снимков по мере подъема аппарата в стратосферу, сфотографировал момент разрыва шара-зонда.

Presentation of the experience of stratospheric flight engineering model of small spacecraft cubesat format

Dmitriev V.S., Bindiman A.P., Petrov I.S.
MAI, Moscow

The market of launches of nanosatellites every year takes an increasing percentage of the overall statistics. Student spacecraft are a significant scientific and practical base of educational projects aimed at obtaining knowledge and skills that students need to get - future personnel interested in the further development of the rocket and space field.

The market of launches of nanosatellites every year takes an increasing percentage of the overall statistics. Student spacecraft are a significant scientific and practical base of educational projects aimed at obtaining knowledge and skills that students need to get - future personnel interested in the further development of the rocket and space industry.

In this report, we are talking about the first stage on the way to real spacecraft - their prototypes, created to work in conditions, sometimes more severe than in space - in the stratosphere. Students of the MAI was developed and installed engineering layout small spacecraft format cubsat. At the heart of the electronic component of the device were taken "box" components with open source. The design of the device was made according to the modular scheme, with redundancy of the main systems-duplication. The first module was made of metal, the second module was obtained by additive technologies. The modules had different thermal protection, in addition, the difference was in the frequency of the radio channel and the type of antenna used on the module. As a result of the flight, the device performed all the functions assigned to it, successfully transmitted telemetry to the ground station, took readings from the sensor and inertial sensor systems, performed a series of images as the device ascended to the stratosphere, photographed the moment of the balloon-probe rupture.

Воздушный старт ракета-носителя

Евстигнеев Ф.С.
МАИ, г. Москва

Воздушный старт ракета-носителей (РН) осуществляется за счет выведения их на необходимую высоту с помощью самолета-носителя (СН), а далее РН отделяется от СН и продолжает свое движение на заданную орбиту. Таким образом СН выступает в роли первой ступени по доставке полезной нагрузки (ПН) на орбиту. У данного способа есть свои достоинства и недостатки по сравнению с запуском с поверхности земли.

К основным достоинствам можно отнести:

• Уменьшение затрат на преодоление аэродинамического сопротивления, по причине старта РН в уже разреженной атмосфере;

• СН может использовать существующие аэродромы, не нуждаясь в постройке специальных стартовых сооружениях, кроме комплексов по подготовки к старту;

• Уменьшение затрат на преодоление гравитационных сил Земли, из-за меньшего начального угла тангажа РН, так как гравитационные потери высчитываются как интеграл от функции угла тангажа;

• Снижение потерь на противодавление ракетного двигателя из-за меньшего внешнего давления, препятствующего расширению и выбрасыванию топлива;

• Окислитель для двигательной установки СН берется из окружающего воздуха;

• Возможность запуска РН с нужной широты и задания нужного наклонения орбиты.

Но существуют и определенные сложности для осуществления воздушного старта. Для доставки большой ПН необходима РН большой массы, а значит грузоподъемность СН должна ей соответствовать, но грузоподъемность существующих самолётов не превышает 200 тонн, что существенно ограничивает требования по массе к РН и ПН. А также более эффективен тот СН, который более быстрый, но гиперзвуковые двигатели находятся в стадии разработки.

К проблемам ракетостроения можно отнести то, что криогенные компоненты будут испаряться за время взлета и набора высоты, поэтому нужно иметь запас этих компонентов, что увеличивает вес системы. Не стоит забывать и о прочности РН и ПН. Спутники разрабатываются в основном с требованием выдерживать только перегрузки в осевом направлении, а во время полета нельзя исключить комбинированную осевую и боковую перегрузки, поэтому возможны различного рода встряски ПН. Существующие РН не рассчитаны на длительные полёты в горизонтальном положении в заправленном состоянии, поэтому необходимы новые РН, которые будут соответствовать данным требованиям.

Как можно заметить, достигнутого уровня научно-технического прогресса пока недостаточно, для осуществления возможностей воздушного старта РН в полном объеме, что дает повод к развитию данного направления.

Air start of launch vehicle

Evstigneev F.S.
MAI, Moscow

Air start of the launch vehicles (LV) are carried out by bringing them to the desired height by using a carrier aircraft (CA), then the LV separates from the CA and continues its movement into a given orbit. Therefore, CA acts as the first stage for delivering the payload (PL) into orbit. This method has its advantages and disadvantages compared to the launch from the Earth’s surface.

The main advantages include:

• Reducing cost of overcoming aerodynamic drag, due to the launch of the LV in the rarefied atmosphere;

• CA can use the existing airfields without the need for construction of special starting structures, except for the complexes, used in preparation for start;

• Reducing cost of overcoming the earth's gravitational forces, due to the smaller initial pitch angle of LV, because the gravitational loss is calculated as an integral of the pitch angle function;

• Loss reduction of the rocket’s engine back-pressure due to the lower external pressure hindering the expansion and ejection of fuel;

• Oxidizer for the CA propulsion system is taken from the ambient air;

• Ability to launch the LV from the desired latitude and setting the desired inclination of orbit.

However, there are some difficulties in implementation of the air launch. In order to deliver huge PL required a very massive LV, which means that the load capacity of the CA must match it, but capacity of the existing aircraft is less than 200 tons, which significantly limits the mass requirements for LV and PL. Also, the faster CA is more effective but hypersonic engines are currently under development.

The problems of rocket science include the fact that the cryogenic components evaporate during takeoff and climb, for that reason these components should be stocked, because they increase the system’s weight. It is important to remember of LV’s and PL’s durability. The satellites are designed mainly with the only requirement to withstand overload in axial direction, but the combined axial and lateral overloads cannot be excluded during the flight, that is why the PL may have different kinds of shake-ups. The existing LVs are not designed for long-term flights in horizontal position in the filled state that is why the new LVs have to meet these necessary requirements.

As we can see, the achieved level of scientific and technical progress is not enough for implementation of the LVs full air launch capabilities, which gives us the motive for developing this direction.

Создание искусственной гравитации

Егорова А.В., Шубина М.А., Кузавлева В.Ю., Гапанькова Е.С.
МАИ, г. Москва

Цель данной исследовательской работы заключается в том, чтобы обозначить важность и необходимость в технологиях для создания искусственной гравитации на космических станциях. Для решения возникающих проблем у живых организмов в невесомости и для дальнейшего продвижения в освоении дальнего космоса. Рассматривались ключевые способы для достижения поставленных задач.

Актуальность данного исследования.

Еще со времен К.Э. Циолковского и в настоящее время, когда наши технические возможности уже вышли на более новый уровень, разрабатывались идеи для создания искусственной гравитации. Так как при воссоздании земного уровня гравитации мы сможем избежать отрицательных последствий микрогравитации (невесомости) для человека (атрофия мышц, сенсорные, двигательные и вегетативные расстройства) и возникновения синдрома космической адаптации.

Значимость и новизна исследования.

Создание искусственной гравитации является важным и перспективным направлением в исследовании, она решит проблемы, с которыми сталкиваются живые организмы при долгом пребывании в невесомости, облегчит использование и функционирование приборов на станциях, даст возможность дальних космических перелетов для достижения дальнейших целей и задач в освоении космического пространства (таких как колонизация и межпланетные перелеты).

В работе рассматривались перспективные разработки и идеи для достижения поставленной цели – создание искусственной гравитации.

Начиная с К.Э. Циолковского 1911г и другие ученые считали, что лучшей защитой для человека от неблагоприятной для его организма невесомости может послужить искусственная гравитация. Циолковский впервые представил концепцию создания искусственной гравитации для орбитальных станций (Космических поселений) и дальних межзвёздных полетов. Так же такие как Космические поселения тороидальной формы, Стэнфордский тор, Цилиндр О'Нилла, также известный, как Остров II, которые так же нацелены на решение данной проблемы.

Creation of artificial gravity

Egorova A.V., Shubina M.A., Kuzavleva V.Y., Gapankova E.S.
MAI, Moscow

The purpose of this research work is to identify the importance and need for technologies for creating artificial gravity at space stations. To solve the emerging problems in living organisms in weightlessness and to further advance in the development of outer space. Key ways to achieve the objectives were considered.

The relevance of this study.

Since the times of K.E. Tsiolkovsky and now, when our technical capabilities have already reached a new level, ideas have been developed for the creation of artificial gravity. Since when recreating the earth's level of gravity, we can avoid the negative effects of microgravity (weightlessness) for humans (muscle atrophy, sensory, motor and autonomic disorders) and the emergence of the syndrome of cosmic adaptation.

Significance and novelty of the study.

The creation of artificial gravity is an important and promising direction in the study, it will solve the problems faced by living organisms with a long stay in weightlessness, facilitate the use and operation of instruments at stations, enable long-distance space flights to achieve further

goals and objectives in the exploration of outer space such as colonization and interplanetary flights).

The work considered promising developments and ideas to achieve this goal - the creation of artificial gravity.

Starting with K.E. Tsiolkovsky 1911 and other scientists believed that the best protection for a person from unfavorable for his body weightlessness can serve as artificial gravity. Tsiolkovsky first introduced the concept of creating artificial gravity for orbital stations (Cosmic settlements) and long-range interstellar flights. Just like Cosmic settlements of the toroidal form, the Stanford torus, O'Neill Cylinder, also known as Island II, which are also aimed at solving this problem.

Анализ динамической устойчивости конической оболочки из композитного материала ЛА при комплексном термосиловом нагружении

Егошин Е.О., Туркин И.К.
МАI, г. Москва

В работе анализируется динамическая устойчивость тонкостенной неподкреплённой конической оболочки из композиционного материала ЛА при комплексном термосиловом нагружении.

В качестве математической модели использовались уравнения движения элемента оболочки в проекции на нормаль к образующей и уравнения совместности деформации в неподкреплённой оболочке. Учёт температурных усилий в осевом, окружном и касательном направлениях в этих уравнениях проведён на основе работ [1,2].

Решение системы дифференциальных уравнений осуществлялось в тригонометрических рядах относительно прогиба оболочки [3,4]. В результате интегрирования дифференциальных уравнений с помощью метода Бубнова-Галеркина, получено основное дифференциальное уравнение, устанавливающее зависимость между параметрами прогиба и изменяющейся во времени осевой нагрузкой. Граничные условия в исследовании соответствуют шарнирному закреплению оболочки, в качестве допущений Кирхгофа-Лява. Прикладывалось сжимающая нагрузка пропорциональная времени при постоянном тепловом воздействии.

Численное решение основного дифференциального уравнения позволило оценить влияние термосилового нагружения на динамическую устойчивость композитной конической оболочки. Анализ результатов показал, что с ростом скорости нагружения число волн и время начала потери устойчивости оболочки увеличиваются. На основе исследований, проведённых в данной работе, появляется возможность анализировать несущую способность конических оболочек ЛА из композитных материалов. Это позволит анализировать конструкцию головных обтекателей и хвостовых отсеков при их проектировании. Для сравнения результатов, была построена модель в программной среде Ansis.

Литература:

1. Агамиров В.Л. Динамические задачи нелиненой теории оболочек. -М.: Наука,1990

2. Огибалов П.М., Грибанов В.Ф. Термоустойчивость пластин и оболочек. -М.: Изд-во МГУ, 1968

3. Парафесь С.Г., Туркин И.К. Актуальные задачи аэроупругости и динамики конструкций высокоманевренных беспилотных летательных аппаратов.-М.: Изд-во МАИ, 2016

4. Туркин И.К. «Элементы конструкции ЛА с применением композитных материалов», учебное пособие -М: Изд-во МАИ, 1997

Analysis of the dynamic stability of the conical shell made of composite aircraft material under complex thermal and force loading

Egoshin E.O., Turkin I.K.
MAI, Moscow

The paper analyzes the dynamic stability of a thin-walled unfixed conical shell made of LA composite material under complex thermal and force loading.

As a mathematical model, the equations of motion of the shell element in the projection on the normal to the generatrix and the equations of compatibility of deformation in the unfixed shell were used. The account of temperature forces in axial, circumferential and tangential directions in these equations is carried out on the basis of works [1,2].

The solution of the system of differential equations was carried out in trigonometric series with respect to the deflection of the shell [3,4]. As a result of the integration of differential equations using the Bubnov-Galerkin method, the basic differential equation is obtained, which establishes the relationship between the deflection parameters and the time-varying axial load. The boundary conditions in the study correspond to the hinged fastening of the shell, as Kirchhoff-love assumptions. A compressive load proportional to the time under constant thermal influence was applied.

The numerical solution of the basic differential equation allowed us to estimate the effect of thermal force loading on the dynamic stability of the composite conical shell. Analysis of the results showed that with increasing loading speed the number of waves and the start time of the shell buckling increase. On the basis of studies conducted in this work, it is possible to analyze the bearing capacity of the conical shells of AIRCRAFT made of composite materials. This will allow us to analyze the design of the head fairings and tail sections in their design. To compare the results, a model was built in the Ansis software environment.

References:

1. Aghamirov V. L. nelineinoi Dynamic problem of the theory of shells. - Moscow: Science, 1990

2. Ogibalov p. M., Gribanov V. F. thermal stability of plates and shells. - Moscow: Moscow state University Publ., 1968

3. Parafes S. G., Turkin I. K. Actual problems of aeroelasticity and dynamics of structures of highly maneuverable unmanned aerial vehicles.- Moscow: publishing house MAI, 2016

4. Turkin I. K. "structural elements of aircraft USING composite materials", textbook-M: publishing house MAI, 1997

Пути увеличения энергомассовых характеристик высокоэффективных солнечных элементов космического назначения и перспективы применения их на летательных аппаратах

Жалнин Б.В., Лебедев А.А., Обручева Е.В., Николаева Т.В.
НПП «Квант», г. Москва

В работе рассматриваются технологии изготовления полупроводниковых планарных гетероструктур и мультикаскадных солнечных элементов (СЭ) на их основе с эффективностью преобразования энергии излучения солнечного спектра 30% и более. Особое внимание уделяется проблеме снижения массы фотогенерирующей части при сохранении абсолютных и удельных энергетических характеристик СЭ. На базе разработанного в АО «НПП Квант» системного подхода к измерениям и обработке технологических параметров роста гетероструктур InGaP/GaAs/Ge и формирования контактной структуры СЭ были предложены два направления повышения энергомассовых параметров СЭ. В первом случае за счет уменьшения толщины от 160 до 120 мкм масса полупроводника может быть снижена на 25% без существенных изменений технологии изготовления СЭ при сохранении эффективности. Второе направление связано с фактическим перемещением фотогенерирующих слоев СЭ на инородную основу. В этом случае, технология изготовления обеспечивает сопряжение сверхтонких монокристаллических полупроводниковых гетероструктур значительной площади с

микронной металлизацией. Экспериментальные исследования показали, что изготовление сверхтонких СЭ целесообразно в интегрированном виде с коммутацией и диодным шунтированием, предусмотренном отдельными процессами в технологии. В любом случае для СЭ космического применения требуется неорганическая защита от воздействия радиации. Такая защита должна обеспечивать оптическое и механическое сопряжение с СЭ в течение всего срока активного существования космического аппарата, то есть требуется формирование защищенного интегрированного СЭ, как составной части солнечной батареи. В то же время, применение СЭ в наземных и/или атмосферных условиях (до высот 20-30 км) позволяет ввести органические элементы, используемые при изготовлении наземных солнечных батарей, в интегрированную защиту СЭ и воспользоваться новым свойством тонких и сверхтонких элементов – гибкостью. Экспериментальные исследования показали, что участки поверхности летательных аппаратов с цилиндрической кривизной до 0,25 см-1 (R > 4 см) могут быть успешно использованы для размещения высокоэффективных гибких СЭ в виде стрингов из защищенных интегрированных СЭ с удельными энергетическими характеристиками около 300 Вт/м2 и 200 Вт/кг.

The ways of improving of energy-mass parameters for high efficient space solar cells and application prospects on aircrafts

Zhalnin B.V., Lebedev A.A., Obrucheva E.V., Nickolaeva T.V.
RPE «Kvant», Moscow

The paper discusses the technology of semiconductor planar heterostructures and the multijunction solar cells (SC) based on them with solar spectrum conversion efficiency 30% and more. Particular attention is paid to the reducing of the mass of photo generating part with retaining of specific energy parameters of SC. The approach developed at JSC “RPE “Kvant” is based on the system consideration of measurements and treatments of technological parameters of epitaxial growth of InGaP/GaAs/Ge heterostructures and post-growth metal contacts formation. The problem is decided by two ways of improving of SC energy-mass parameters. In the first case the mass of semiconductor can be 25% reduced by thinning of substrate from 160 to 120 micrometers with unchanged manufacturing technology and efficiency of SC. The alternative way connects with removing of SC generating layers from germanium single crystal substrate to another substrate with lower density. In this case the technology provides the stable interface of ultrathin single crystal semiconductor heterostructures with significant generating square and with microns scaled contact metallization. The experimental research shows to be advisable to produce ultrathin SC in covered integrated state with commutation and bypass diode. These two are achieved by specific technological processes. In any case for the space application SC it is necessary to cover SC by irradiation stable inorganic and not reducing the transparency protective glass. Such protection must provide optical and mechanical interface with SC up to EOL of spacecraft, that means it is necessary to form covered integrated solar cell (CIC), as part of solar array. At the same time the terrestrial and/or atmospheric applications (up to 20-30 km) allows to introduce the organic components used in terrestrial production to CIC and to take advantage to flexibility of thin and ultrathin SC. The experiments show that cylindrical curvature of aircraft surface up to 0.25 cm-1 (R>4cm) can be successfully used for mounting high efficiently flexible CIC, which assembled to banded strings. Specific energy characteristics are able to achieve around 300W/m2 and 200 W/kg.

Особенности моделирования вибрационных процессов при наземной отработке беспилотных летательных аппаратов

Иванов Д.Н., Парафесь С.Г.
МАИ, г. Москва

Динамические исследования беспилотного летательного аппарата (БЛА) и отдельных компонентов его бортовой аппаратуры представляют одной из важнейших составляющих этапа наземной отработки. Реальный вибрационный процесс весьма сложен и носит

пространственный характер. Вибрационные процессы при экспериментальной наземной отработке БЛА могут существенно отличатся от реальных процессов и представляют лишь модели, направленные вдоль фиксированных осей. Во время наземной отработки используют модель синусоидальной или широкополосной случайной вибрации.

Наиболее достоверную информацию о вибрационном состоянии БЛА и его бортовой аппаратуры дает летный эксперимент. Однако для выявления реального вибрационного состояния БЛА требуется установка достаточно большого количества акселерометров, что технически может быть нереализуемо во время летных исследований. Решить данную проблему предлагается за счет проведения наземных динамических испытаний. Определив характер и уровень вибрации при натурном (летном) эксперименте в «опорных» местах, возможно далее в лабораторных условиях с высокой степенью достоверности получить вибрации (амплитудные и фазовые частотные характеристики, спектр и т.д.) и в других местах конструкции БЛА. Для этого по всему корпусу БЛА необходимо установить акселерометры, в том числе в «опорных» местах, которые были использованы в летном эксперименте. Возбуждая БЛА поочередно вдоль продольной и поперечных осей вибрационным спектром, полученным в натурном эксперименте, воспроизводится вибрационный спектр в тех местах, где установлены акселерометры в лабораторном эксперименте. При этом задание вибрации осуществляется по «опорным» акселерометрам, что и в натурном эксперименте. В дальнейшем полученный вибрационный процесс может быть перенесен на автономные исследования системы автоматического управления системы и ее отдельных агрегатов, рулевого привода, системы «руль – привод» и др. для оценки их функционирования в данных условия вибрации.

Features of vibration processes simulation in ground testing of unmanned aerial vehicles

Ivanov D.N., Parafes’ S.G.
MAI, Moscow

Dynamic studies of the unmanned aerial vehicle (UAV) and elements of its onboard equipment are one of the most important components of the stage of ground testing. The real vibration process is very complex and has a spatial character. Vibration processes in the experimental ground testing of UAV can differ significantly from the real processes and represent only models of processes directed along the individual axes. During ground testing, a model of sinusoidal or broadband random vibration is used.

The flight experiment provides the most reliable information about the vibration condition of the UAV and its onboard equipment. However, to detect the real UAV vibration condition requires the installation of a sufficiently large number of accelerometers, which technically can be unrealizable during flight test. It is proposed to solve this problem by conducting ground dynamic tests. Having determined the nature and level of vibration in a full-scale (flight) experiment in the "reference" places, it is possible to obtain vibrations (amplitude and phase frequency characteristics, spectrum, etc.) and in other places of the UAV design under laboratory conditions with a high degree of reliability. To do this, it is necessary to install accelerometers throughout of the UAV design, including in the "support" places that were used in the flight experiment. When the UAV is excited alternately along the longitudinal and transverse axes by the vibration spectrum obtained in the full-scale experiment, the vibration spectrum is reproduced in those places where accelerometers are installed in the laboratory experiment. In this case, the vibration is set according to the accelerometers installed in the same places of the UAV as in the full-scale experiment. In the future, the resulting vibration process can be transferred to autonomous studies of the automatic control system and its individual units (drive, rudder – drive system, etc.) to assess their functioning in these vibration conditions.

Орбитальный комплекс «Чистая Земля»

Карманов В.И., Смирнова Н.А., Махаева М.М.
МАИ, г. Москва

Актуальность выполненной работы заключается в том, что на данный момент околоземная орбита сильно засорена в результате столкновений, отказов космических аппаратов (КА) или сброса различных конструктивных элементов КА, выработавших свой ресурс. Требуется разработка методов утилизации «космического мусора». В настоящее время «космический мусор» представляет собой угрозу для КА различных классов, в том числе, для Международной космической станции.

Целью выполненной работы является разработка проектного облика и определение основных технических характеристик специализированного КА, предназначенного для обеспечения утилизации «космического мусора», имеющегося на околоземных околокруговых орбитах в диапазоне высот от 400 до 600 км.

На основе проведенного анализа предложена укрупненная конструктивно-компоновочная схема орбитального комплекса (ОК) «Чистая Земля», функционально представляющего собой материнскую космическую платформу, содержащую в своей структуре универсальные маневрирующие КА типа «Веник», предназначенные для непосредственного выполнения действий по утилизации (уборке) «космического мусора».

Рассматривались следующие основные вопросы:

1. Разработка проектного облика материнской космической платформы (орбитального комплекса), определение основных технических характеристик.

2. Реализация модульного принципа функционирования КА типа «Веник» в составе материнского орбитального комплекса.

3. Разработка схемы функционирования КА типа «Веник» и ОК «Чистая Земля», разработка инфраструктуры обеспечения.

В работе представлены полученные результаты.

Orbital complex “The Pure Land”

Karmanov V.I., Smirnova N.A., Makhaeva M.M.
MAI, Moscow

The relevance of the work performed is that at the moment the near-earth orbit is heavily clogged as a result of collisions, failures of spacecraft (SC) or the discharge of various structural elements of SPACECRAFT that have exhausted their life. The development of methods for the disposal of "space debris" is required. Currently, "space debris" is a threat to SPACECRAFT of various classes, including the International space station.

The purpose of the work is to develop the design appearance and determine the main technical characteristics of a specialized SPACECRAFT designed to ensure the utilization of "space debris" available in near-earth circular orbits in the altitude range from 400 to 600 km.

On the basis of the carried out analysis the enlarged constructive-layout scheme of the orbital complex (OK) "Clean Earth", functionally representing the parent space platform containing in its structure the universal maneuvering SC of the "Broom" type, intended for direct performance of actions on utilization (cleaning) of "space debris", is offered.

The main issues addressed were:

1. Development of the design image of the parent space platform (orbital complex), determination of the main technical characteristics.

2. The implementation of the modular principle of the functioning of the CA a type of "Broom" in the composition of the parent orbital of the complex.

3. The scheme of functioning of the CA a type of "Broom" and OK the "Pure Land", the development of infrastructure.

The paper presents the results.

Космический аппарат университета. Организация взаимодействия коллективов и методы разработки

[1]Клиначев Н.В., [2]Юлдашева О.К.

[1]ЮУрГУ, г. Челябинск; [2]РКК "Энергия", г. Королёв

С целью организации работ, связанных с разработкой космического аппарата (КА) в университете, предложено использовать инструменты клиент-серверных технологий. На веб-сервере запускается программно-аппаратная модель машины состояний КА. Управление которой осуществляется с помощью подготовленных веб-страниц (в окне браузера на стороне клиента). Модель машины состояний КА на первом этапе разработки является программным кодом, далее дополняется аппаратной частью (к веб-серверу подключается бортовая ЦВМ). И на последнем этапе разработанный программно-аппаратный комплекс переключается на телеметрию, и становится центром управления полетом.

С учетом длительности миссии КА к окраинам солнечной системы (от 15 до 30 лет) рекомендованы: информационное хранилище проекта, способы документирования, утилиты пакетной обработки документов, редакторы текста, платформа и прикладные интерфейсы для программно-аппаратного комплекса, – которые позволят сохранить информацию в актуальном состоянии в условиях ежемесячного обновления операционной системы и программ пользователей.

Для апробации предлагаемых решений были созданы математические модели: системы ориентации, управления движением, стабилизации КА, экстремальной системы поиска солнца, автопилота, двигательных установок с разным числом машин, генератора сканов поверхности астероида. Все модели – это пассивные веб-страницы содержащие пояснительный текст, интерактивную 3D-сцену и программный код. Визуализировать их содержимое может любой браузер на компьютере или на планшете. Модели оформлены как демонстрационный материал к лекциям и к практическим занятиям. Опубликованы на сайте "Модель экспонента ру".

На отладочной плате STM32F3DISCOVERY имеются: процессор, микроэлектромеханический гироскоп, акселерометр и компас. В совокупности – это умещающаяся в руке человека аппаратная модель КА с реактивными двигателями (светодиодами). Участвующим в проекте студентам предлагается написать собственную программу системы ориентации и управления движением. Аппаратная модель КА подключена к "центру управления полётом" (на ноутбуке студента) с помощью UART-интерфейса Wi-Fi модуля ESP8266. Модуль является точкой доступа и поддерживает протокол веб-сервера. Подготовленные веб-страницы посылают запросы к серверу, формируя задание для "бортовой ЭВМ", и, получая ответ, визуализируют состояние КА во время полёта в руке студента. Отслеживая положение и ориентацию КА в пространстве, веб-страницы синтезируют виртуальный поток данных с бортовых приборов – видеокамер и лидара сканирующих поверхность астероида. Сканы изображений обрабатываются, и принимается решение о месте посадке.

University spacecraft. Organization of team interaction and development methods

[1]Klinachev N.V., [2]Yuldasheva O.K.

[1]SUSU, Chelyabinsk; [2]RSC "Energia", Korolev

With the aim of organizing works related to the development of a spacecraft at the university, it is offered to use the tools of client-server technologies. On the web server, the hardware-software model of the finite state machine of the spacecraft is launched. Control of which is carried out using interactive web pages (in the browser window on the client side). The model of the finite state machine of the spacecraft in the first stage of development is a program code, then it is supplemented by a hardware (the on-board computer is connected to the web server). And at the last stage, the developed software and hardware appliance switches to telemetry and becomes the flight control centre.

Taking into account the duration of the spacecraft mission to the outskirts of the solar system (from 15 to 30 years), it is recommended to: information storage of project, documentation methods, batch processing utilities, text editors, platform and application interfaces for the hardware and software complex, which will preserve information in the actual state in conditions of monthly updates to the operating system and user programs.

To approbate the proposed solutions, mathematical models were created: attitude control, motion control, spacecraft stabilization, extreme search system of the sun, autopilot, propulsion systems with a different number of jet engines, asteroid surface scanner generator. All models are passive web pages containing explanatory text, interactive 3D-scene and program code. Visualize their contents can any browser on the computer or on the tablet. Models are designed as a demonstration material for lectures and practical exercises. Published on the website "Model exponenta ru".

On the STM32F3DISCOVERY debug card there are: processor, microelectromechanical gyroscope, accelerometer and compass. In the aggregate, this is a hardware model of a spacecraft with jet engines (LEDs) that fits in the hand. Students participating in the project are invited to write their own program of the attitude and motion control system. The hardware model of the spacecraft is connected to the "flight control center" (on the student's laptop) using the UART-interface of the Wi-Fi module ESP8266. The module is an access point and supports the web server protocol. The prepared web pages send requests to the server, forming a setpoint for the "on-board computer", and receiving a response, visualize the state of the spacecraft during the flight in the student's hand. By tracking the position and orientation of spacecraft in space, web pages synthesize a virtual data stream from on-board instruments - video cameras and lidar scanning the surface of the asteroid. Scans of images are processed, and the landing site of the spacecraft is selected.

Экспериментальная установка по исследованию температурных деформаций на внешней оболочке космического аппарата

Козенбаева Ю.Л., Добровольский С.В., Болохов И.О.
МАИ, г. Москва

Одним из непременных условий надежного функционирования космического аппарата, его систем и научных приборов является обеспечение необходимого теплового режима всех его элементов с учетом натурных условий эксплуатации.

Подготовка и проведение тепловакуумных испытаний сводится, главным образом, к решению вопросов по трем направлениям:

- Моделирование режимов функционирования испытуемого объекта;
- Подготовка имитационных средств, способных с достаточной точностью воспроизводить основные факторы космического пространства (ФКП), оказывающие влияние на тепловое состояние космического аппарата;
- Определение наиболее целесообразных режимов испытаний, потребной продолжительности испытаний и т.п.

В космическом пространстве ЛА испытывает высокие перепады температур. Согласно данным НАСА, без терморегулирования температура орбитальной стороны международной космической станции (МКС), обращенной к Солнцу, повышается до 121 градуса, в то время как термометры на темной стороне могут опуститься до минус 157 градусов. В связи с этим на границе температурных перепадов возникают изменения внешней оболочки КА.

В данной исследовательской работе произведен анализ ныне существующих испытательных стендов, изучаемых температурные напряжения, а также, представлена новая методика проведения испытаний, изучающая деформации при одновременном нагревании и охлаждении объектов больших объемов.

На данном этапе развития космического промышленности, возникают проблемы с производством новых материалов, способных выдерживать большой перепад температур, при этом не потеряв свои свойства.

Испытательный стенд включает в себя: объект исследования большого объема, нагревательный элемент, хладагент, а также тензодатчики, снимающие показатели напряжения и деформаций.

В следствии развитии космической техники, и, в дальнейшем, освоения планет Солнечной системы возникает потребность в данной установке, так как температурный диапазон на внешней оболочке КА на орбитах других планет увеличится.

Данный стенд поможет создать более совершенные материалы и определить живучесть существующих, что послужит серьезным толчком в развитии космической технике.

Следует отметить, что на данный момент в России такие установки не используются.

Experimental setup for the study of temperature deformations on the outer shell of a spacecraft

Kozenbaeva Y.L., Dobrovolsky S.V., Bolokhov I.O.
MAI, Moscow

One of the indispensable conditions for the reliable functioning of the spacecraft, its systems and scientific instruments is to provide the necessary thermal regime for all its elements, taking into account the actual operating conditions.

Preparation and carrying out of heat-vacuum tests is reduced, mainly, to the decision of questions on three directions:

• Modeling of modes of functioning of the object under test;

• Preparation of simulation tools capable of accurately reproducing the main factors of outer space (FKP), affecting the thermal state of the spacecraft;

• Determination of the most appropriate test regimes, the required duration of testing, etc.

In outer space, LA experiences high temperature changes. According to NASA, without temperature control, the temperature of the orbital side of the International Space Station (ISS) facing the Sun rises to 121 degrees, while thermometers on the dark side can drop to minus 157 degrees. In this connection, changes in the external shell of the spacecraft occur at the boundary of the temperature differences.

In this research work, an analysis is made of the existing test benches, the studied temperature stresses, and a new test procedure is presented, which studies deformations with simultaneous heating and cooling of large objects.

At this stage in the development of the space industry, there are problems with the production of new materials capable of withstanding a large temperature drop, without losing their properties.

The test stand includes: a large volume research object, a heating element, a coolant, and strain gauges that measure stress and strain.

In consequence of the development of space technology, and, subsequently, the development of the planets of the solar system, there is a need for this installation, since the temperature range on the outer shell of the spacecraft on the orbits of other planets will increase.

This stand will help create more advanced materials and determine the survivability of existing ones, which will serve as a serious impetus in the development of space technology.

It should be noted that at the moment in Russia such installations are not used.

Исследование вариантов конструктивно-технологического решения дистанционно-пилотируемого летательного аппарата типа «летающее крыло» большой дальности

Константинов Д.Ю.
МКБ «Радуга», г. Дубна

Данная работа посвящена формированию конструктивно-силовой схемы (КСС) и конструктивно-технологического решения (КТР) планёра многоцелевого дистанционно-пилотируемого летательного аппарата (ДПЛА) типа «летающее крыло» с межконтинентальной дальностью полёта. Аппарат такого класса характеризуется рядом

компоновочных и технологических ограничений, которые необходимо учесть в процессе проектирования. Кроме того, КСС должна оставлять определённый резерв внутреннего пространства, допускающий некоторое изменение габаритов и взаимного расположения элементов ДПЛА, неизбежное на начальных этапах проектирования. Ещё одной особенностью рассматриваемого летательного аппарата является его технологическое членение на нестреловидный центроплан с малым удлинением и относительно большим сужением и две стреловидные консоли большого удлинения. КСС центроплана и консолей, вообще говоря, могут быть различными. Проектирование конструкции существенно осложняется наличием в центроплане большого грузового отсека с вырезом (бомболюком).

В процессе исследования был рассмотрен ряд вариантов КСС: однолонжеронная, двухлонжеронная, кессонная. Для центроплана рассмотрена также «обратно-лучевая» схема, подразумевающая лонжероны, расходящиеся веером от стыкового узла центроплана и консоли к плоскости симметрии летательного аппарата. Выявлена специфика влияния КСС на внешний облик (относительная толщина профиля центроплана в зоне грузового отсека) и компоновку (запретные объёмы для размещения крупногабаритных элементов) ДПЛА. Выполнено сравнение различных типов стыковых узлов центроплана и консоли.

Исследовано применение в конструкции рассматриваемого аппарата различных конструкционных материалов: алюминиевых сплавов Д16 и В95 для силовых элементов и обшивки; стали 30ХГСА и 12Х2НВФА (ЭИ712) для узлов крепления. Также рассмотрена целесообразность исполнения поясов лонжеронов из стали и армирования их лентами из углеволокна. Изучены особенности технологических процессов сборки конструкции планёра и их влияние на КСС

Investigation of variants of constructive-technological solution of a remotely piloted flying-wing type aircraft of long range

Konstantinov D.Y.
Raduga Design Bureau, Dubna

This paper considers structural schemes and technological concepts of airframe of “flying wing” long-range multi-role unmanned combat aerial vehicle (UCAV). This type of aircraft has some lay-out and technological restrictions, which should be taken into account during the design. In addition, structure must have some reserves of internal volume that allows some variation of aircraft elements dimensions, that is unavoidable at the beginning of aircraft development. Another feature of considering UCAV is its structural fragmentation to unswept centerbody with low aspect ratio and pronounced trapezoidal and two aft-swept outer wing panels with hight aspect ratio and constant chord length. Structural schemes of centerbody and outer wing panels generally may be different. Structural design is significant complicated due to accommodation of large cargo bay with opening in the centerbody.

Some variants of structural scheme have been researched in this study: single-spar wing, double-spar wing and torsion box type wing. Inversed-fanlike spars (that emanate from the single point in the junction of the centerbody and outer wing panels toward the base plane) was also considered for the centerbody. The influence of structural scheme to design (centerbody thickness ratio around the cargo bay) and internal lay-out (denied volumes to accommodation of large dimension elements) of considering UCAV. The comparison of different types of centerbody and outer wing junctions have been completed.

The application of various material in structure of considering UCAV have been researched: D16T (analogue in International Alloy Designation System (IADS) – 2024 alloy) and V95 (IADS analogue – 7075) alluminium alloys for spars, torsion boxes, ribs and skin; 30KhGSA and 12KhNVFA alloy steels for junctions and spar flanges. Effectiveness of reinforcement of spar flanges by carbon fiber have been considered. Process technologies of airframe structure assembly and their influence to structural scheme have been researched.

Анализ требуемых характеристик ядерной энергетической установки для марсианской экспедиции

Константинов М.С., Петухов В.Г.
МАИ, г. Москва

Представлены результаты проектно-баллистического анализа двухгодичной пилотируемой марсианской экспедиции. Анализируется проект марсианского пилотируемого комплекса с ядерной электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ). Основное внимание уделяется оптимизации основных проектных параметров энергодвигательной установки, параметров схемы и траектории замкнутого перелета космического аппарата (КА) к Марсу с возвращением на Землю. Критерием оптимизации рассматривается максимально допустимая удельная масса энергодвигательной установки (отношение её массы к входной мощности ЭРДУ). Представлен разработанный метод оптимизации анализируемой проблемы. Основным результатом работы можно считать полученные зависимости максимально допустимой удельной массы энергодвигательной установки от массы КА на начальной околоземной орбите. Показано, что для анализируемого набора характеристик систем КА (массы межпланетного экспедиционного комплекса, массы взлетно-посадочного марсианского комплекса и т.д.) при массе КА на начальной орбите 200 т для реализации марсианской экспедиции продолжительностью два года требуемое совершенство энергодвигательной установки должно быть нереально высоким (удельная масса энергодвигательной установки должна быть не больше 3.26 кг/кВт). Увеличение массы на начальной орбите приводит к снижению требований к совершенству транспортной системы. Если массу на начальной орбите увеличить до 475 т, то максимально допустимая удельная масса энергодвигательной установки КА увеличится до 11 кг/кВт. Оптимальная величина электрической мощности ядерной энергетической установки при изменении начальной массы в указанном диапазоне (от 200 до 475 т) увеличивается от 7.7 до 11.7 МВт. Оптимальная величина удельного импульса ЭРДУ уменьшается от 9000 с (это значение принято максимально допустимым) до 6880 с. Показано, что, если удельная масса энергодвигательной установки равна 5, 7.5,10 кг/кВт, то для реализации экспедиции масса КА на начальной орбите должна быть не менее 234.1, 305.4, 415.5 т соответственно.

Analysis of the required main design parameters of the nuclear power system for the Martian expedition

Konstantinov M.S., Petukhov V.G.
MAI, Moscow

The results of a project-ballistic analysis of a two-year manned Martian expedition are presented. The project of a Martian manned complex with nuclear electric propulsion system (NEPS) is being analyzed. The main attention is paid to the optimization of the main design parameters of complex of the nuclear power system (NPS) and electric propulsion (EP), the parameters of the mission and the trajectory characteristics of the flight of the spacecraft to Mars with the return to Earth. Optimization criterion is the maximum permissible specific mass of the complex of the NPS and EP (the ratio of its mass to the input power of the electric propulsion). The developed method of optimization of the problem analyzed is presented. The main result of the work can be regarded as the obtained dependences of the maximum permissible specific mass of the complex of NPS and EP as function of the mass of spacecraft in the initial near-earth orbit. It is shown that for the analyzed set of characteristics of spacecraft systems (the mass of the interplanetary expedition complex, the mass of the landing Martian complex, etc.) with a mass of spacecraft in the initial orbit of 200 tons for the implementation of the Martian expedition lasting two years, the required perfection of the complex of NPS and EP must be unrealistically high (the specific mass of complex should not exceed 3.26 kg/kW). The increase of spacecraft mass in the initial orbit leads to a decrease in the requirements for the perfection of the transport system. If the mass in the initial orbit is increased to 475 tons, the maximum permissible specific mass of complex of NPS and EP will increase to 11 kg / kW. The optimum value of the electric power of

a nuclear power installation with a change in the initial mass in this range (from 200 to 475 tons) increases from 7.7 to 11.7 MW. The optimum value of the specific impulse of the electric propulsion decreases from 9000 s (this value is accepted as maximum permissible) to 6880 s. It is shown that if the specific mass of complex of NPS and EP is 5, 7.5, 10 kg / kW, then the mass of the spacecraft in the initial orbit should be at least 234.1, 305.4, 415.5 tons, respectively.

Межорбитальный транспортный аппарат (МТА) многоразового использования

Коренев М.М., Балашов К.А., Вольнов Е.А.
МАИ, г. Москва

Целью научной работы является изучение возможности создания транспортных аппаратов орбитального базирования многоразового использования. В настоящее время применяемые в ракетно-космической технике разгонные блоки после выполнения основной задачи по выводу полезного груза с опорной орбиты на целевую не могут использоваться повторно. Применение многоразовых транспортных аппаратов, которые после вывода полезного груза на целевую орбиту могут повторить данную операцию несколько раз, потенциально позволяет увеличить суммарную массу полезных грузов, выводимых на целевые орбиты при использовании единого наряда транспортных средств. Основной достигаемый результат потенциальное уменьшение общих затрат на размещение целевых полезных грузов на рабочих орбитах. В работе рассматривается возможность применения электрических ракетных двигателей (ЭРД) вместо жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), а так же применение ядерных энергетических установок (ЯЭУ) для обеспечения ЭРД необходимой электрической энергией. Представлены следующие этапы работ: на первом этапе рассмотрена возможность вывода аппаратов массой до 10 тонн с низкой опорной орбиты на геостационарную орбиту при использовании двигателей малой тяги; на втором этапе рассмотрены возможные варианты конструктивно- компоновочных схем межорбитальных транспортных аппаратов, в том числе, проведен анализ ключевых проблем энергообеспечения и отвода излишнего тепла, вырабатываемого ЯЭУ; представлены предложения по облику МТА; на третьем этапе рассматриваются вопросы обеспечения функционирования на различных этапах жизненного цикла транспортной системы, в том числе, на этапах выполнения операций на опорной орбите и стыковки полезной нагрузки, выводимой РН на низкую опорную орбиту, с МТА. По результатам проведенной работы были сделаны выводы о возможности создания и применения многоразовых транспортных космических аппаратов в настоящие время, их технико-экономической эффективности, а так же предложены основные направления развития.

Interorbital transport vehicle multiple use

Korenev M.M., Balashov K.A., Volnov E.A.
MAI, Moscow

The purpose of the scientific work is to study the possibility of creating transport vehicles orbital reusable use. Currently used in rocket and space technology acceleration blocks after the main task of deriving a useful cargo from the reference orbit to the target can not be reused. The use of reusable transport vehicles, which after of the payload to the target orbit can repeat this several times, potentially increases the total a lot of useful cargo that can be brought to target orbits when used uniform outfit of vehicles. The main achievable outcome is the potential decrease in total costs for the placement of targeted payloads in working orbits. The paper considers the possibility of using electric rocket engines (ERD) instead of liquid-propellant rocket engines (LPRE), as well as the use of nuclear power plants (NPP) for Providing ERD with the necessary electrical energy. The following stages of work are presented: at the first stage, the possibility of withdrawing devices with a mass up to 10 tons from low reference orbit to geostationary orbit when using thrusters; at the second stage, possible options for constructive-layout of interorbital transport vehicles, in the analysis of key energy supply problems and removal of excessive heat generated by nuclear power plants; are presented proposals on the

appearance of the ITV; at the third stage issues of functioning at various stages of the life cycle transport system, including, at the stages of operations in the reference orbit and the connection of the payload outputted by the LV to low reference orbit, with MTA. Based on the results of the work, conclusions were drawn about the creation and application possibilities reusable transport space vehicles at the present time, their technical and economic efficiency, as well as proposed the main directions of development.

Применение реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте

Коротков А.И., Заговорчев В.А., Родченко В.В., Пронина П.Ф.
МАИ, г. Москва

Для проведения ряда научных исследований и практических работ по освоению Луны и других планет с целью доставки аппаратуры и иной полезной нагрузки на некоторую глубину необходимо создание устройств, способных проникать в грунтовое полупространство.

Для указанных задач предлагается использовать пенетраторы, образующие скважину методом уплотнения и движущиеся в грунте как за счет кинетической энергии, так и за счет тяги ракетного двигателя твёрдого топлива. Возможны несколько вариантов запуска подобных пенетраторов. Очевидно, от того, каким образом запускается пенетратор, глубина проникания его в реголит будет различная. В частности, если тяга двигательной установки меньше статического сопротивления, то, при запуске пенетратора с нулевой скоростью входа, движение в лунном грунте не произойдет. С другой стороны, целесообразный вариант использования имеющейся на участке спуска кинетической энергии пенетратора требует учета прочности его конструкции из-за высокого уровня ударных перегрузок, действующих в момент входа пенетратора в лунный грунт.

Относительно глубины проникания пенетратора по инерции следует отметить, что в настоящее время существуют несколько эмпирических формул, позволяющих рассчитать эту характеристику с достаточной для предварительного анализа точностью.

При анализе возможных внешних нагрузок легко установить, что наибольшими из них являются нагрузки при встрече пенетратора с грунтами. Экспериментально установлено, что величина перегрузки зависит от глубины проникания; при этом при углублении пенетратора примерно на длину головной части достигает максимального значения. На остальные пути движения перегрузка постепенно снижается до нуля.

При заданном значении предельно допустимых перегрузок, действующих на пенетратор, путем включения двигательной установки в определённый момент времени, для получения большей глубины проникания имеет возможность увеличивать его допустимую скорость входа в лунный грунт. Кроме этого, используя пенетратор с ракетным двигателем твердого топлива можно при существенно меньшем уровне перегрузки достигать больших глубин проникания в реголит. В том случае, когда пенетратор запускается с поверхности Луны с нулевой скоростью входа в реголит, тяга двигателя должна в обязательном порядке быть больше статического сопротивления среды (иначе движение в лунном грунте не произойдет).

The use of reactive penetrators for movement in the lunar soil

Korotkov A.I., Zagovorchev V.A., Rodchenko V.V., Pronina P.F.
MAI, Moscow

To carry out a number of scientific studies and practical work on the development of the Moon and other planets in order to deliver equipment and other payloads to a certain depth, it is necessary to create devices capable of penetrating the earth’s half-space.

For these tasks, it is proposed to use penetrators, which form a well by the compaction method and move in the soil due to both kinetic energy and thrust of a solid propellant rocket engine. There are several options for launching such penetrators. Obviously, on how the penetrator is launched, its depth of penetration into the regolith will be different. In particular, if the propulsion of the propulsion system is less than the static resistance, then when the penetrator

is started up with a zero entry speed, movement in the lunar soil will not occur. On the other hand, an expedient option of using the penetrator's kinetic energy available at the site of descent requires consideration of the strength of its structure due to the high level of shock overload acting at the moment the penetrator enters the lunar soil.

Regarding the penetration depth of the penetrator by inertia, it should be noted that at present there are several empirical formulas that allow to calculate this characteristic with sufficient accuracy for a preliminary analysis.

When analyzing possible external loads, it is easy to establish that the greatest of them are loads when meeting a penetrator with soils. It was established experimentally that the magnitude of the overload depends on the depth of penetration; while deepening the penetrator by about the length of the head part reaches a maximum value. On the rest of the movement path overload gradually decreases to zero.

For a given value of the maximum permissible overloads acting on the penetrator, by turning on the propulsion system at a certain point in time, in order to obtain a greater penetration depth, it is possible to increase its allowable speed of entry into the lunar soil. In addition, using a penetrator with a rocket engine of solid fuel, it is possible to achieve greater depths of penetration into the regolith at a significantly lower level of overload. In the case when the penetrator is launched from the surface of the Moon at zero speed of entry into the regolith, the engine thrust must necessarily be greater than the static resistance of the medium (otherwise movement in the lunar soil will not occur).

Тепловые режимы мощных электронных устройств негерметичных космических аппаратов

[1]Кудрявцева Н.С., [2]Алексеев В.А., [2]Титова А.С.
[1]МАИ, [2]НИИТП, г. Москва

Повышение тепловой мощности, рассеиваемой электронными устройствами, эксплуатируемыми в составе негерметичных отсеков космических аппаратов (КА), ведет к необходимости исследовать более эффективные принципы построения систем обеспечения теплового режима, особенно для аппаратуры, работающей в сеансных режимах включения. При этом необходимо учитывать, что создаваемые в космической отрасли базовые несущие конструкции (БНК) с бортовой электроникой, как правило, охлаждаются с помощью термостатируемых панелей, входящих в состав системы обеспечения теплового режима КА.

В результате ранее проведенных научно-исследовательских работ была создана БНК бортовой аппаратуры, представляющая собой двутавровые силовые конструкции из алюминиевого сплава, на одну или обе стороны днищ которых устанавливаются многослойные печатные платы с тепловыделяющими электроэлементами с хорошим тепловым контактом. Набор из таких кассет, скрепленных шпильками, составляет прибор, устанавливаемый на термостатируемую панель космического аппарата. Обычно мощность, рассеиваемая на одной кассете составляет от 10 до 30 Вт.

Была поставлена задача в рамках установленных массо-габаритных характеристик найти новые конструкторско-технологические решения, которые позволили бы повысить теплопередающую способность традиционной БНК в 2 раза. Для решения этой задачи был разработан и изготовлен опытный образец БНК с интегрированными в состав кассет новыми тепловыми средствами: миниатюрными тепловыми трубами (МТТ) и бескорпусными тепловыми аккумуляторами (БТА).

Экспериментальное исследование теплового режима осуществлялись в тепловакуумной камере (ТВК). В ТВК создавалось и поддерживалось пониженное давление от 10^-5 до 10^-6 мм рт.ст. Испытания проводились в режиме переохлаждения (температура на имитаторе термоплаты КА минус 10°С, температура поверхности стенок внутри камеры минус 50°С) и перегрева (температура на имитаторе термоплаты плюс 40°С, температура поверхности стенок внутри ТВК плюс 50°С). После достижения заданных температур производилось включение аппаратуры.

Проведенные эксперименты исследования электронного устройства с интегрированными новыми более эффективными тепловыми средствами (МТТ и БТА), позволили увеличить мощность, рассеиваемую отдельными кассетами с 30Вт до 75Вт.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что новые тепловые средства могут успешно применяться в электронных устройствах с повышенной рассеиваемой мощностью.

Thermal conditions of high-power electronic devices for unpressurized spacecrafts

[1]Kudriavtseva N.S., [2]Alekseev V.A., [2]Titova A.S.
[1]MAI, [2]RIPI, Moscow

Growing heat power dissipated by the electronic devices, operated within the spacecraft unpressurized compartments, has prompted scientists to study more effective principles of building thermal control systems, especially the ones operated during session switching modes. It is necessary to consider that, as a rule, the existing basic load-bearing structures (BLBS) with the onboard electronics are cooled by means of thermostatically controlled panels, which form part of the spacecraft thermal control system.

Formerly, based on the results obtained from the scientific research the BLBS for onboard equipment were constructed. These BLBS are I-shaped aluminum load-bearing structures, containing energy source, mounted on one or both sides of the BLBS's bottoms with good thermal contact. Sets of such cassettes, fastened with pins, compose the container, which are installed on thermostatically controlled panel of the spacecraft. Typically, the heat power dissipated within one of the cassettes, varies from 10 to 30W.

The task was to generate new design and engineering solutions within the specified mass/ size parameters that would allow increasing the heat transfer capacity of the traditional BLBS approximately twice as much. For solving this task the BLBS prototype with the integrated in its cassettes new thermal means - the miniature heat pipes (MHP) and the unpackaged heat accumulators (UHA), was developed and built.

Experimental studies of thermal conditions was carried out in a thermal vacuum chamber. In the chamber reduced pressure was created and maintained between 10^-5 and 10^-6 torr. Testing was conducted under overcooling conditions (temperature on the spacecraft thermal plate simulator -10°C, the temperature on the wall surface inside chamber -50°C) and under overheating conditions (temperature on spacecraft thermal plate simulator +40°C, the temperature on the wall surface inside chamber +50°C). The switching-on was performed after reaching the set temperatures.

Testing of the electronic devices with integrated new thermal means (MHP and UHA) has showed that application of new more effective thermal means permitted increasing heat power dissipated by the individual cassettes from 30W up to 75W.

The results of experimental research has shown that the new thermal means can be successfully applied in the electronic devices with increased dissipated heat power.

Имитационное моделирование функционирования интегрированных систем жизнеобеспечения для экипажей космических аппаратов

Курмазенко Э.А., Коган И.Л., Кочетков А.А., Прошкин В.Ю.
НИИхиммаш, г. Москва

При проектировании интегрированных систем жизнеобеспечения (ИСЖО) для экипажей космических аппаратов (в первую очередь долговременных орбитальных станций, межпланетных аппаратов и планетных баз) необходимо использовать системный подход, который основан на составлении единого описания системы. Это описание включает составляющие: информационное описание, морфологическое описание и функциональное описание. При этом функциональное описание (функциональная модель) предназначена для создания правильной ориентации в отношении внешних связей сложной системы, ее интерфейсов с внешней средой (средой обитания экипажа) и

включает оценку эффективности функционирования системы при выполнении заданных функций.

Основным подходом при анализе функционирования ИСЖО, как абиотической части эколого-технической системы, является применение имитационного моделирования, которое учитывает иерархию функционального описания, стадию проектирования сложной системы и наличие исходной информации для формирования модели функционирования. Алгоритм, реализующий модель, воспроизводит процесс функционирования системы во времени. Это позволяет по исходным данным получать сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени. Метод имитационного моделирования решает задачи анализа функционирования ИСЖО, в том числе позволяет оценить:

• Варианты структуры системы,

• Эффективность различных алгоритмов управления системой,

• Влияние изменения различных параметров системы с учетом интерфейсов со средой обитания,

• Функциональную надежность.

Рассмотрены структуры и алгоритмы моделирования, предназначенные для решения задач проектирования ИСЖО, и приведены примеры их применения. При этом учтена возможность более детальных функциональных описаний подсистем и отдельных блоков.

Simulation modeling of functioning of integrated life-support systems for spacecraft crews

Kurmazenko E.A., Kogan I.L., Kochetkov A.A., Proshkin V.Y.
NIIchimmash, Moscow

When designing an integrated life support systems (ILSS) for crews of spacecrafts (primarily long-term orbital stations, interplanetary vehicles and planetary bases), a systems approach, that is based on the creation of system single description, should be used. This description includes the components: information description, morphological description and functional description. In this case, the functional description (functional model) is designed to create the correct orientation with respect to the external links of the complex system, its interfaces with the environment (the crew's habitat) and includes an assessment of the system functioning efficiency when performing specified functions.

The main approach in analyzing the ILSS functioning as an abiotic part of the ecological and technical system is the use of simulation modeling that takes into account the hierarchy of functional description, the stage of designing a complex system, and the availability of initial information for the formation of a model of functioning. The algorithm, that implements the model, reproduces the process of the system's functioning in time. This allows from the initial data to get information on the state of the process at certain points in time. The method of simulation modeling solves the tasks of ILSS functioning analyzing, including allows to assess:

• Options for the system's structure,

• Effectiveness of various system's control algorithms,

• Effect of changing various system parameters taking into account interfaces with the habitat,

• Functional reliability.

The structures and modeling algorithms used to solve ILSS design problems are considered, and examples of their application are given. At the same time, the possibility of more detailed functional descriptions of subsystems and individual blocks is taken into account.

Обзорный анализ и сравнительные характеристики разрабатываемых ударных зондов-пенетраторов, проникающих в грунт

Кыласов М.Я., Заговорчев В.А., Садретдинова Э.Р., Родченко В.В.
МАИ, г. Москва

Ударные проникающие зонды-пенетраторы применяются для космических планетарных исследований. По сравнению с применяемыми ранее аппаратами «мягкого спуска», устройства данного типа обеспечивают доступ к геологической среде без проведения дополнительного сложного бурения. В общем случае пенетратор состоит из трех частей: верхняя (для исследования поверхности планеты), средняя (для исследования верхнего слоя грунта) и нижняя, уходящая на тросах на 4-6 м в грунт.

Так, было изготовлено и доведено до летных испытаний по два типа пенетраторов для станции Марс-96 и Mars Polar Lander. Эти миссии постигла неудача.

В 2013 году были проведены испытания зонда предназначенного для Европы, спутника Юпитера. Ученые и инженеры использовали испытательный ракетный стенд в Уэльсе, Великобритания, где проводили броски в лёд и песок.

В 2016 году кампанией QinetiQ в сотрудничестве с Airbus и Mullard Space Science Laboratory UCL (MSSL) было проведено испытание пенетратора, чтобы продемонстрировать концепцию «жесткой посадки» на поверхность спутников или планет. Испытание состояло из мелкомасштабного обратного баллистического испытания, в котором мишень, представляющая ледяной блок, ускорялась по направлению к пулевидному пенетратору с использованием одноступенчатой газовой пушки.

Устройство типа «пенетратор» было также в составе зонда Philae аппарата ЕКА Rosetta. Несмотря на неудачную посадку, инженеры миссии сообщили, что пенетратор осуществил первое в мире успешное проникновение в недра кометы.

Предполагается использование пенетраторов для миссий Lunar-A и Exolance, ведутся исследовательские работы по созданию пенетратора с использованием двигателя твердого топлива для движения в грунте.

Таким образом, использование пенетраторов является очень перспективным направлением. Зонды могут выполнять очень разнообразные и сложные задачи как в космическом масштабе, так и в масштабе нашей планеты:

1. Накопление данных о метеорологических условиях на планетах.
2. Получение телевизионных изображений с целью понимания геологических процессов, формировавших поверхность планет и спутников.
3. Определение элементарного состава коренных пород.
4. Определение содержания в породах воды (для Марса).
5. Изучение сейсмоактивности планет.
6. Исследование физико-механических характеристик грунта планет (или их спутников).

В работе также представлены сравнительные характеристики некоторых существующих и разрабатываемых пенетраторов, такие как длина, стартовая масса аппаратов, диаметр и т.д.

General review and comparative characteristics of the developed impact probes-penetrators penetrating into the ground

Kylasov M.Y., Zagovorchev V.A., Sadretdinova E.R., Rodchenko V.V.
MAI, Moscow

Impact penetration probes-penetrators are used for space-based planetary research. Compared with the previously used “soft descent” devices, devices of this type provide access to the geological environment without additional complex drilling. In general, the penetrator consists of three parts: the upper one (for studying the surface of the planet), the middle one (for examining the upper layer of the soil) and the lower part, going by 4 to 6 m cables to the ground.

So, it was manufactured and delivered for flight tests of two types of penetrators for the station Mars-96 and Mars Polar Lander. These missions failed.

Tests were carried out for a probe designed for Europe, the satellite of Jupiter in 2013. Scientists and engineers used a test rocket stand in Wales, United Kingdom, where they made throws in ice and sand.

In 2016, a penetrator test was conducted by the QinetiQ campaign in collaboration with Airbus and the Mullard Space Science Laboratory UCL (MSSL) to demonstrate the concept of a “hard landing” on the surface of satellites or planets. The test consisted of a small-scale reverse ballistic test, in which the target, representing the ice block, was accelerated towards the bullet penetrator using a single-stage gas gun.

The device type "penetrator" was also part of the Philae probe unit ESA Rosetta. Despite the unsuccessful landing, the mission’s engineers reported that the penetrator had carried out the world's first successful penetration of the comet’s interior.

Penetrators are supposed to be used for Lunar-A and Exolance missions, research is underway to create a penetrator using a solid fuel engine for movement in the ground.

Thus, the use of penetrators is a very promising direction. Probes can perform very diverse and complex tasks both on a cosmic scale and on the scale of our planet:

1. The accumulation of data on meteorological conditions on the planets.
2. Getting television images to understand the geological processes that formed the surface of planets and satellites.
3. Determination of the elementary composition of bedrock.
4. Determination of water content in rocks (for Mars).
5. The study of seismic activity of the planets.
6. The study of the physical and mechanical characteristics of the soil of the planets (or their satellites).

The paper also presents the comparative characteristics of some existing and developed penetrators, such as length, starting mass of the apparatus, diameter, and so on.

Выбор проектных параметров центробежного стенда при квазистатико-колебательном нагружении испытуемого объекта со свободными колебаниями системы

Лобастов И.А., Алексеева Н.Н., Палешкина Ю.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время ракетно-космическая техника (РКТ) развивается бурными темпами во всех передовых странах. В эту перспективную отрасль вкладываются огромные средства. РКТ имеет ряд особенностей. Ее конструкции невозможно дублировать, после начала летной эксплуатации практически невозможно отремонтировать. Спроектированная конструкция должна быть работоспособной на всех этапах эксплуатации. Факторы нагружения определяют облик и внутреннюю структуру конструктивных элементов и конструкцию в целом, а анализ нагружения является важной, неотъемлемой частью проектирования элементов ракетно-космической техники. Отсюда возникает вопрос еще на стадии эскизного проектирования о возможности применения имеющейся экспериментальной базы разработчика ракетно-космической техники для проведения экспериментальной отработки в условиях приближенных к натурным условиям эксплуатации изделия. В соответствии с поставленными задачами в работе расчетная часть была разделена на три составляющие. В первой части по известной математической модели производится моделирование движения СА в атмосфере планеты при различных углах входа по баллистической траектории. В результате расчетов полученные данные послужили исходными данными для второго этапа – расчета и выбора параметров центробежного стенда для проведения испытаний при квазистатико-колебательном нагружении со свободными колебаниями системы. На данном этапе моделирования испытаний результатом явился анализ и выбор проектных параметров стенда, и режим проведения испытаний при заданных условиях функционирования и эксплуатации изделия. На третьем этапе на основе составленного алгоритма был

произведен расчет мощности привода центробежной установки с учетом эксплуатационных ограничений при выбранном режиме работы стенда.

В результате проделанной работы на основе математических моделей и алгоритмов расчета, используя среду MATLAB, разработан программный комплекс, позволяющий при различных исходных данных, как аппарата, так и его движения в атмосфере планеты, получить эксплуатационные и энергетические параметры стенда для определенных испытательных режимов.

Selection of the design parameters of the centrifugal stand under the quasi-static-oscillating loading of the test object with free oscillations of the system

Lobastov I.A., Alekseeva N.N., Paleshkina Y.V.
MAI, Moscow

At present, rocket and space technology (RST) is developing at a rapid pace in all advanced countries. A huge amount of resources is invested in this promising sector. RST has a number of features. Its design can not be duplicated, and it is almost impossible to repair it after the start of flight operation. The designed construction has to function at all stages of the operation. The loading factors determine the shape and internal structure of the construction elements and the structure as a whole, and loading analysis is an important, integral part of the design of rocket and space technology elements. Therefore, the question arises of the possibility of applying the existing experimental base of the developer of rocket and space technology for carrying out experimental method in conditions close to the actual conditions of product operation even at the stage of preliminary design. According to the tasks in the work, the calculation part was divided into three components. In the first part, a well-known mathematical model is used for simulates the movement of the descent vehicle in the atmosphere of the planet with different input angles along the ballistic trajectory. As a result of calculations, the obtained data served as the initial data for the second stage - calculation and selection of the centrifugal stand parameters for testing under quasi-static-oscillating loading with free oscillations of the system. At this stage of the test simulation, the result was the analysis and selection of the design parameters of the stand, and the mode of testing under given conditions of functioning and operation of the product. In the third stage, based on the compiled algorithm, the calculation of the centrifugal drive power was made, taking into account the operating limitations for the selected stand operation mode.

As a result of the work done on the basis of mathematical models and calculation algorithms using the MATLAB environment, a software package was developed that allows using various initial data of the apparatus and its motion in the atmosphere of the planet, to obtain the operational and power parameters of the stand for certain modes testing.

Метод создания управляемого вращающимся магнитным полем гидротрансформатора трансмиссии подвижного агрегата наземного комплекса

Мазлумян Г.С., Сова А.Н., Ерусланкин С.А.
МАДИ, г. Москва

Предлагаемый метод предназначен для создания трансмиссий подвижных агрегатов (ПА) наземных комплексов (НК) на базе комбинированных гидротрансформаторов с применением:

- Вентильно-индукторных приводов;
- Магнитных муфт;
- Магнитной жидкости и магнитожидкостных технических средств.

Комбинированные гидротрансформаторы управляются вращающимся магнитным полем.

Предлагаемый метод, позволяющий обосновать выбор состава, параметров и алгоритмов управления комбинированным гидротрансформатором трансмиссии ПА НК, включает следующие основные процедуры: 1) формирование исходных данных; 2) моделирование динамики системы «ДВС – гидродинамическая трансмиссия на базе комбинированного ГТ – КХ ПА НК» с управлением скоростью движения ПА НК; 3)

оценка допустимой скорости ПА НК с учетом факторов, определяющих тягово-динамические свойства ПА, сохранность транспортируемого груза, работоспособность механика-водителя и оператора, поперечную устойчивость к опрокидыванию и параметры макро- и микропрофиля опорной поверхности; 4) выбор состава, параметров и алгоритмов управления гидротрансформатором, управляемым вращающимся магнитным полем, на основе сравнения комбинированных вариантов трансмиссий между собой и с существующими (известными) трансмиссиями традиционной конструкции; 5) формирование требований (общих, специальных, частных) к разрабатываемым конструкциям гидродинамической трансмиссии на базе управляемого вращающимся магнитным полем комбинированного гидротрансформатора ПА НК.

Научная новизна и теоретическая значимость результатов исследований состоит в развитии теории проектирования ПА НК в части, касающейся обоснования и разработки предлагаемого метода создания комбинированных гидротрансформаторов с учетом влияния их состава, структуры и параметров, алгоритмов управления на функциональные возможности, технические и эксплуатационные характеристики ПА НК, а также факторов, определяющих тягово-динамические свойства ПА НК, сохранность транспортируемого груза, работоспособность механика-водителя и оператора, поперечную устойчивость к опрокидыванию и параметры макро- и микропрофиля опорной поверхности.

Практическая значимость результатов исследований заключается в значительном расширении функциональных возможностей, улучшении технических и эксплуатационных характеристик предлагаемых гидротрансформаторов трансмиссий ПА НК.

The method of creating a rotating magnetic field driven torque converter transmissions of a mobile unit of a ground-based complex

Mazlumyan G.S., Sova A.N., Eruslankin S.A.
MADI, Moscow

The proposed method is intended to create transmissions of mobile units (PA) of ground complexes (NC) on the basis of combined torque converters using:

- Valve-inductor drives;
- Magnetic couplings;
- Magnetic fluid and magnetic liquid technical means.

Combined torque converters are driven by a rotating magnetic field.

The proposed method, which makes it possible to substantiate the choice of the composition, parameters and control algorithms of the combined torque converter of the PA NC transmission, includes the following main procedures: 1) generation of initial data; 2) modeling the dynamics of the “ICE - hydrodynamic transmission system based on a combined GT - KH PA NK” with speed control of the PA NK motion; 3) assessment of the allowable speed of the PA NC taking into account the factors determining the traction and dynamic properties of the PA, the safety of the transported cargo, the operability of the driver and operator, lateral resistance to tilting and the parameters of the macro- and microprofile of the supporting surface; 4) selection of the composition, parameters and control algorithms of a torque converter driven by a rotating magnetic field, based on a comparison of the combined transmission options with each other and with existing (known) transmissions of traditional design; 5) the formation of requirements (general, special, private) to the designs of the hydrodynamic transmission on the basis of a combination torque converter PA NC controlled by a rotating magnetic field.

The scientific novelty and theoretical significance of the research results consists in the development of the theory of PA NC design in terms of substantiation and development of the proposed method of creating combined torque converters, taking into account the influence of their composition, structure and parameters, control algorithms on the functionality, technical and operational characteristics of PA NC, and also factors that determine the traction and dynamic properties of the PA NC, the safety of the transported cargo, the operability of the driver and the

operator ora, lateral resistance to rollover and the parameters of the macro- and microprofile support surface.

The practical significance of the research results lies in a significant expansion of the functionality, improvement of the technical and operational characteristics of the proposed torque converter transmissions PA NC.

Моделирование помех передаче сообщений в беспроводных сенсорных сетях при помощи симулятора ns-3

Макашов А.А., Терентьев М.Н.
МАИ, г. Москва

В различных областях промышленности возникают задачи мониторинга параметров некоторого объекта. Для этого хорошо подходят беспроводные сенсорные сети (БСС), тем более что в последнее время они активно развиваются. Это касается как появления новых устройств, так и появления различных алгоритмов и протоколов. В некоторых областях промышленности требуются измерения на значительных по размеру областях (например, мониторинг состояния космодрома). Это требует большого числа узлов для осуществления мониторинга.

Отсюда вытекает проблема моделирования таких сетей, так как в большинстве случаев натурный эксперимент невозможен по причине высокой стоимости. В данном случае целесообразно применять имитационное моделирование. Для моделирования БСС удобно использовать симулятор ns-3, благодаря наличию в нём модуля LR-WPAN, частично реализующего стандарт IEEE 802.15.4. Однако данный модуль не подразумевает учёта различных внешних помех, ограничиваясь лишь учётом потерь от наложения сигналов устройств самой сети. Но было бы странно предполагать, что в реальности сеть будет работать, не подвергаясь внешним воздействиям. Учёт воздействия помех может привести, например, к выбору иного маршрута передачи сообщений.

Для более точного моделирования работы БСС необходимо учитывать влияние помех, которые влияют на маршруты передачи сообщений, а следовательно, и на показатели работы сети, такие как надёжность, скорость доставки сообщений и прочие. Таким образом, целью данной работы является создание модели внешних помех как дополнения модуля LR-WPAN симулятора ns-3.

Создание модели помех позволяет при проектировании БСС моделировать их работу с учётом параметров помех: размещение источников помех, модель их перемещения, модель изменения спектральной плотности мощности излучаемого источником помех сигнала в зависимости от времени и/или координат. Реализация источника помех основана на создании виртуального физического устройства, передающего сигналы помех с заданными параметрами. Излучённые сигналы учитываются уже самим симулятором ns-3, исходя из спектральной плотности мощности сигнала и расстояния между источником помехи и конкретным узлом сети.

Таким образом, созданная модель содержит основные инструменты для создания и управления источниками помех, что позволяет точнее и эффективнее использовать симулятор ns-3 для моделирования БСС.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Simulation of interference of message transmission in wireless sensor networks using ns3 simulator

Makashov A.A., Terentiev M.N.
MAI, Moscow

In various areas of industry, problems arise in monitoring the parameters of a certain object. For this, wireless sensor networks (WSN) are well suited, especially since recently they are actively developing. This concerns both the appearance of new devices, and the emergence of various algorithms and protocols. In some areas of the industry, measurements in large areas (for

example, monitoring the state of the cosmodrome) are required. This requires a large number of nodes to monitor.

Hence the problem of modeling such networks, since in most cases the full-scale experiment is impossible due to the high cost. In this case, it is expedient to apply simulation. To simulate the WSN, it is convenient to use the ns-3 simulator, due to the presence of the LR-WPAN module partially implementing the IEEE 802.15.4 standard. However, this module does not imply the consideration of various external interferences, limiting itself only to the loss from the imposition of signals on the devices of the network itself. But it would be strange to assume that in reality the network will work without being exposed to external influences. The calculation of interference effects can lead, for example, to the selection of a different route for transmitting messages.

To more accurately simulate the operation of the WSN, it is necessary to take into account the influence of interference that affects message transmission routes, and therefore, on network performance, such as reliability, message delivery speed, and others. Thus, the goal of this work is to create a model of external interferences as an add-on of the LR-WPAN module of the ns-3 simulator.

The creation of the interference model allows, when designing the WSN, to simulate their operation taking into account the interference parameters: placement of sources of interference, the model of their movement, a model of the variation of the power spectral density of the signal emitted by the source as a function of time and / or coordinates. The implementation of the source of interference is based on the creation of a virtual physical device transmitting interference signals with specified parameters. The radiated signals are taken into account directly by the ns-3 simulator, based on the spectral power density of the signal and the distance between the source of interference and a particular node of the network.

Имитационная модель беспроводной сенсорной сети с внутрисетевой обработкой для проведения испытаний космических аппаратов

Миронов И.А., Терентьев М.Н.
МАИ, г. Москва

Космический аппарат (КА) испытывает нагрузки на корпус. Все КА проходят испытания, в ходе которых ведется мониторинг его состояния. Подготовка к тестированиям занимает время, в том числе потому, что необходимо установить датчики на корпусе КА, подвести к ним необходимую коммуникационную инфраструктуру. Беспроводная сенсорная сеть (БСС), позволяет сократить время подготовки к проведению испытаний КА, обеспечивает операторов испытаний фактическими данными о значениях измеряемых параметров и адаптируется к изменению конфигурации объекта.

Основным назначением БСС является периодическое измерение физических параметров в различных точках обслуживаемого объекта и передача результатов измерений по радиоканалу в центр сбора, хранения и обработки полученной информации.

Одной из основных проблем, сдерживающих развитие технологии БСС, является быстрое исчерпание заряда источника питания (ИП) узлов сети. Узлы потребляют энергию для сбора показаний, их обработки и передачи сообщений [1].

Для решения задачи сбережения энергии узлов БСС, предлагается применять алгоритмы сжатия данных (СД), так как обмен данными потребляет до 75% ресурса ИП.

Основная задача работы состояла в исследовании возможности повышения долговечности рассмотренной системы, регистрации измерений, за счет использования СД.

Реализация данной задачи состояла из этапов:

• Построение и реализация имитационной модели БСС с режимом сбережения энергии на примере регистрации измерений маятникового стенда бросковых испытаний, применяемого при испытаниях посадочного модуля.

• Реализация алгоритмов архивации данных (Метод Хаффмана [6] (МХ), Арифметическое кодирование [5] (АК), LZW[3]) с учетом особенностей микроконтроллеров Atmel ATmega 128.

• Провести сравнение алгоритмов.

Работоспособность предложенной модели БСС проверялась в ходе имитационного моделирования в симуляторе NS-3 [4]. Измерением – это показания всех датчиков. Результаты измерений записывались в файл, к которому были применены алгоритмы СД.

Результаты измерений. Максимальное сжатие было у алгоритма АК – 23,75%, однако алгоритм LZW работает до 70% быстрее АК. Результаты моделирования показали, что внутрисетевая обработка данных, направленная на сбережение энергии позволяет БСС работать на 15-17% дольше обычного.

Реализованный алгоритм архивации данных может быть применен при работе БСС, используемых при проведении испытаний и сертификации КА.

Simulation model of wireless sensor network with intra-network data processing for testing space vehicles

Mironov I.A., Terentiev M.N.
MAI, Moscow

The hull of a spacecraft (SC) is under load. All spacecrafts undergo tests, that include the hull condition monitoring. Preparations for the tests take time, because, among other things, it is necessary to install sensors on the hull of a spacecraft and link them up with a necessary communication infrastructure. The wireless sensor network (WSN) allows reducing the time necessary to prepare for the spacecraft tests, and provides test operators with the actual data on the values of the measured parameters and adapts to the changes in the configuration of the object.

The main task of the WSN is the periodic measurement of physical parameters at various points of the handled object and the transmission of the measurement results via radio channel to the center for collecting, storing and processing the information received.

One of the main problems hindering the development of the WSN technology is the rapid discharging of the power source (PS) of the network nodes. The nodes consume energy for collecting readings, processing them, and transmitting messages [1].

To solve the problem of energy conservation of the WSN nodes, it is proposed to apply data compression algorithms (DC), since the data exchange consumes up to 75% of the PC resource.

The main task of the work was to investigate the possibility of increasing the longevity of the considered system and recording measurements, using DC.

The implementation of this task included the following stages:

• Development and implementation of the simulation model of the WSN with the energy saving mode by the example of recording the measurements of the pendulous drop test stand used for the testing of the landing module.

• Implementation of data archiving algorithms (Huffman method [6] (HM), Arithmetic coding [5] (AK), LZW [3]) taking into account the features of Atmel ATmega 128 microcontrollers

• Comparing the algorithms

The working capacity of the proposed WSN model was tested during the simulation modeling in the NS-3 simulator[4]. The measurement was the readings of all sensors. The measurement results were recorded in a file to which DC algorithms were applied.

Results of measurements. The maximum compression was demonstrated by AK algorithm - 23.75%, though, LZW algorithm works up to 70% faster than AK. The simulation results showed that intra-network data processing, aimed at energy saving, allows the WSN to operate 15-17% longer than usual.

О разработке единой концепции оптимального планирования маршрута полета легких беспилотных летательных аппаратов

Моисеев Д.В., Моисеева С.Г.
МАИ, г. Москва

В докладе сформулированы основные положения концепции оптимального планирования маршрута полета одиночных или группы легких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Под легкими понимаются аппараты, воздушная скорость которых сравнима с возможными в зоне полета скоростями ветра.

Концепция позволяет на основе единого методического подхода формулировать и выполнять математическую формализацию широкого спектра задач маршрутизации полета, а также формировать математические процедуры и алгоритмы решения этих задач, реализуя их с помощью оригинального программного обеспечения.

В рамках предложенной концепции были решены задачи построения плоских и пространственных, разомкнутых и замкнутых оптимальных маршрутов облета локальных и протяженных, равноценных и неравноценных объектов в том числе с учетом ограничений, обусловленных техническими характеристиками БПЛА и условиями их применения.

Основные положения концепции определяют:

• Область ее применения, используемую терминологию, трактовку основных используемых понятий и ключевые допущения, в рамках которых формулируются и решаются задачи маршрутизации;

• Различные модели ветрового поля в зоне полета, отличающиеся описанием значений параметров ветра как детерминированных, или неопределенных, в том числе статистических или интервально неопределенных;

• Порядок и процедуры математической формализации задач маршрутизации, в частности формирования множества неизвестных, нахождение которых однозначно определяет искомые маршруты полета, записи критерия и ограничений, которые необходимо учитывать;

• Процедуры и алгоритмы решения основных и вспомогательных задач маршрутизации, представляющих собой задачи булева линейного программирования;

• Порядок формирования и решения оптимизационных задач подготовки исходных данных для задач маршрутизации;

• Принципы построения программного комплекса решения задач маршрутизации полета легких БПЛА, имеющего открытую архитектуру.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-08-01650 А.

On the development of unified concept of optimal planning flight route of light unmanned aerial vehicles

Moiseev D.V., Moiseeva S.G.
MAI, Moscow

The report formulates the main provisions of the concept of optimal flight planning for single or group of light UAVs. Airspeed of light UAV is comparable to the possible wind speeds in the flight zone.

The concept allows us to formalize mathematically various routing tasks and formulate procedures for solving such problems.

In accordance with the proposed concept, the tasks of constructing flat and spatial, closed and open routes were solved. Local and extended, equivalent and unequal objects were considered. The limitations due to the technical characteristics of the UAV and the conditions for their application have been taken into account.

The basic provisions of concept define:

• Application area, terminology used, interpretation of the main notions and basic assumptions;

• Various models of the wind field in the flight area. Wind parameters can be either deterministic or indeterminate;

• Procedures of mathematical formalization of the routing tasks, order of criteria and constraints recording;

• Procedures and algorithms for solving basic and auxiliary routing tasks, which are written as Boolean linear programming problems;

• The order of formation and solution of optimization problems of preparation of initial data for routing tasks;

• Principles of building a software complex for solving the problems of routing the flight of light UAVs with an open architecture.

The work is supported by RFBR (grant No. 17-08-01650 A).

Основные характеристики и особенности вибрационных испытаний элементов конструкции космического аппарата

Мошкова А.А.
МАИ, г. Москва

В современном мире любое техническое изделие подвергается влиянию различных типов воздействий. Самым проблематичным воздействием на сегодняшний день является вибрация. Она способна повлиять на работоспособность изделия, нарушить законы движения механизмов и систем, породить неустойчивость процессов, привести к изменениям внутренней структуры или вовсе вывести систему из строя.

В своем докладе я хотела бы остановиться на основных характеристиках и особенностях вибрации элементов конструкции космического аппарата.

Конструкция КА представляет собой сложную техническую систему. Чтобы без труда и последствий вывести КА в космос, необходимо учитывать ряд факторов. Из-за работы двигателей, процессов отделения ступеней и трансформации конструкции на КА действуют нагрузки, которые могут привести к колебанию отдельных элементов - вибрации. Чтобы конструкция смогла выдержать эти нагрузки и не сломаться, необходимо при подготовке к полету испытать КА на вибропрочность и виброустойчивость.

Цель вибрационных испытаний - оценка работоспособности конструкции КА и ее отдельных элементов, проверка их функционирования.

При испытании на вибропрочность определяются прочностные характеристики элементов, их способность сохранять свою структуру, сроки службы, а также допустимые пределы вибрации, при которых элементы конструкции КА не будут разрушаться.

При испытании на виброустойчивость определяется максимальный уровень воздействия вибрации, при котором элементы КА будут исправно функционировать.

Совокупность этих испытаний позволяет определить общую вибронадежность элементов КА и, если нужно, внести поправки. Все испытания проводятся на специальном оборудовании – вибростендах в условиях, приближенных к реальным условиям использования.

В заключении можно сказать, что вибрационные испытания позволяют исследовать весь перечень возможных возмущающих воздействий на элементы конструкции КА, возникающие при его полете в космос, обнаружить дефекты и неисправности элементов и вовремя устранить их.

Main characteristics and features of vibration tests of the spacecraft design elements

Moshkova A.A.
MAI, Moscow

In the modern world, any technical product is influenced by various types of influences. The most problematic impact to date is vibration. It can affect the performance of the product, violate the laws of motion of mechanisms and systems, generate instability of processes, lead to changes in the internal structure or completely disable the system.

In my report, I would like to focus on the main characteristics and features of the vibration of the elements of the spacecraft structure.

The design of the SPACECRAFT is a complex technical system. A number of factors must be taken into account in order to bring SPACECRAFT into space without difficulty and consequences. Due to the operation of the engines, the processes of separation of stages and transformation of the structure, the SPACECRAFT is subjected to loads that can lead to vibration of individual elements. To design able to withstand these loads without breaking, it is necessary for the preparation for the flight test KA vibration and vibration resistance.

The purpose of vibration tests is to assess the performance of the SPACECRAFT design and its individual elements, check their functioning.

During the vibration test, the strength characteristics of the elements, their ability to maintain their design, service life, as well as the permissible limits of vibration, at which the elements of the SPACECRAFT structure will not be destroyed, are determined.

When testing for vibration resistance is determined by the maximum level of vibration exposure at which the elements of the SPACECRAFT will function properly.

The combination of these tests allows us to determine the overall vibration reliability of the SPACECRAFT elements and, if necessary, make adjustments. All tests are carried out on special equipment – vibration stands in conditions close to the actual conditions of use.

In conclusion, it can be said that vibration tests allow us to investigate the entire list of possible disturbing effects on the spacecraft design elements arising during ITS flight into space, detect defects and malfunctions of the elements and eliminate them in time.

Особенности математической модели аэроупругих колебаний беспилотного летательного аппарата двухбалочной схемы из композиционных материалов

Нагорнов А.Ю., Парафесь С.Г.
МАИ, г. Москва

Для составления математических моделей аэроупругих колебаний беспилотных летательных аппаратов (БЛА) применяются различные теоретические методы. Первая группа методов основана на использовании при упруго-массовой схематизации БЛА метода заданных форм, в качестве которых рассматриваются формы собственных колебаний БЛА вне потока. При этом упругий БЛА схематизируется системой балок и/или отсеков (пластин). Для определения аэродинамических нагрузок используется, как правило, гипотеза квазистационарности. Вторая группа предполагает применение метода конечных элементов для формирования упруго-массовой модели БЛА, а его аналогов – методов дискретных вихрей и возмущенных давлений для определения аэродинамических сил при до- и сверхзвуковом обтекании.

В работе рассматриваются особенности математической модели аэроупругих колебаний БЛА из композиционных материалов самолетного типа с фюзеляжем, выполненным по двухбалочной схеме. Для построения данной модели используется метод заданных форм, с помощью которого движение упругого БЛА представляется системой линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, записанной в обобщенных координатах (соответствующим формам собственных колебаний вне потока). Анализируются особенности двухбалочной схемы фюзеляжа БЛА, в частности, исследуется влияние упругости крепления хвостового оперения к крылу с помощью двух упругих балок на частотные характеристики БЛА. Для определения жесткостных параметров композиционной конструкции БЛА разработана программа, позволяющая автоматизировать процесс вычислений жесткостных характеристик и нахождения положений оси жесткости для различных конструкций агрегатов БЛА.

Полученная модель может применяться для исследования границ возникновения флаттера и аэроупругой устойчивости с системой автоматического управления БЛА из композиционных материалов самолетного типа с двухбалочным фюзеляжем.

Features of the mathematical model of aeroelastic vibrations of an unmanned aerial vehicle (UAV) of a two-beam scheme made of composite materials

Nagornov A.Y., Parafes S.G.
MAI, Moscow

Various theoretical methods are used to make mathematical models of aeroelastic vibrations of unmanned aerial vehicles (UAV). The first group of methods is based on the use of the method of determined forms in the case of elastic-mass schematization of UAV, which are considered as the forms of the eigen vibrations of UAV outside the flow. Elastic UAV schematizes as a system of beams and/or of compartments (plates). As a rule, the quasi-stationarity hypothesis is used to determine aerodynamic loads. The second group involves the use of the finite element method for the formation of the elastic-mass model of the UAV, and its analogues-the methods of discrete vortices and perturbed pressures to determine the aerodynamic forces in the pre - and supersonic flow.

The paper discusses features of the mathematical model of aeroelastic vibrations of UAV of aircraft type made of composite materials of aircraft type with a fuselage made by a two-beam scheme. To construct this model, the method of determined forms is used, by means of which the motion of the elastic UAV is represented by a system of linear differential equations with constant coefficients in generalized coordinates (corresponding to the forms of eigen vibration outside the flow). The features of the two-beam scheme of the UAV fuselage are analyzed, in particular, the effect of the elastic bonding of the empennage to the wing by means of two elastic beams on the frequency characteristics of the UAV. To compute the stiffness parameters of the composite structure of UAV developed a program that automate the process of calculating the stiffness characteristics and finding the positions of the axis of stiffness for different UAV units.

This model can be used to evaluate the boundaries of the flutter and aeroelastic stability of UAV with a two-beam fuselage and an automatic control system.

Разработка универсального модуля в составе Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) для исследования проблем создания высокотехнологичных материалов в условиях управляемой микрогравитации (УМСВМ)

Науменко К.М., Потапенко А.А.
МАИ, г. Москва

Материалы с комплексом новых физических свойств имеют большое значение для сложных технических систем. В полной мере это относится и к перспективным объектам ракетно-космической техники. Использование космических технологий является возможным решением проблемы создания высокотехнологичных материалов (ВМ).

На современном этапе усиливаются требования к обеспечению условий специализированных технологических процессов, обеспечивающих создание материалов с заданными высокими характеристиками, получение которых технически осложнено или невозможно на Земле. Целью представленной работы является разработка предложений по созданию модуля для проведения исследований с последующим изготовлением образцов материалов с требуемыми свойствами с использованием возможностей условий микрогравитации.

Рассматривались следующие задачи:

1. Анализ проектного облика космического аппарата как космической технологической платформы (КТП).
2. Разработка предложений для сопутствующих космических технологий.
3. Разработка способов доставки полезных грузов на Землю.

Разработаны предложения по формированию проектного облика космического аппарата, реализующего возможности управляемой микрогравитации для развития космических технологий.

Функционирование КА предполагается как с использованием ресурсов МКС, так и в автономном режиме орбитального полета.

Разработан вариант возможной конструктивно-компоновочной схемы КА, представлены основные проектные параметры и основные технические характеристики КА.

В условиях космического полета и, в том числе, при использовании возможностей, предоставляемых управляемой микрогравитацией, могут быть получены, например, более равномерные структуры кристаллических решеток, материалы с различными улучшенными свойствами, возможным также является создание сплавов с заранее заданными свойствами (из несмешиваемых систем и др.).

Создание такого рода космической технологической платформы (КТП) для проведения исследований и последующего создания материалов с улучшенными свойствами может дать новый толчок развитию науки и техники. Новые материалы могут быть востребованы не только в ракетно-космической отрасли, но и в смежных областях медицине, приборостроении, ядерной энергетике и электроэнергетики, при проведении научных экспериментов, и др.

Development of a universal module as part of the Russian Segment of the International Space Station (ISS RS) for the study of the problems of creating high-tech materials under controlled microgravity (IMSMS)

Naumenko K.M., Potapenko A.A.
MAI, Moscow

The materials with a new physical property are of great importance for the complex technical systems. This fully applies to promising objects of rocket and space technology. The usage of space technology is a possible solution to the problem of creating high-tech materials.

Nowadays, the requirements for ensuring the conditions of specialized technological processes, ensuring the creation of materials with specified high characteristics are increasing. the production of them is technically complicated or impossible on Earth. The aim of the presented work is to develop proposals for the creation of a module for research with the subsequent production of samples of materials with the required properties using the capabilities of microgravity conditions.

The following tasks were considered:

1. The analysis of the design of the spacecraft as a space technological platform.
2. The development of proposals for related space technologies.
3. The development of methods for delivering payloads to Earth.

There are proposals were developed for the formation of the design image of a spacecraft that implements the possibility of controlled microgravity for the development of space technology.

The functioning of the spacecraft is assumed both with the use of the ISS resources and in the autonomous mode of orbital flight.

A version of the possible structural layout of the spacecraft has been developed, the main design parameters and the main technical characteristics of the spacecraft are presented.

Under the spaceflight conditions, including using the opportunities provided by controlled microgravity, more uniform crystal lattice structures can be obtained, materials with various improved properties, it is also possible to create alloys with predetermined properties (from immiscible systems and others).

The creation of such a space technological platform for research and the subsequent creation of materials with improved properties may give a new impetus to the development of science and technology. New materials can be in demand not only in the rocket and space industry, but also in related fields medicine, instrument-making, nuclear power engineering and electric power engineering, during scientific experiments, etc.

Метод синхронизации сверточных кодера и декодера многокристальной системы на базе ПЛИС

Никитин А.А.
РКК «Энергия», г. Королёв

Одним из методов защиты межкристального обмена в многокристальных системах на базе ПЛИС является сверточное кодирование. Сверточный кодер (5,7) со скоростью кодирования и формирует кодовые слова длинной три символа, каждое из которых может передаваться по параллельной шине или по отдельной линии, имеющей специфический протокол.

Применение параллельной шины приводит к трехкратному увеличению количества занимаемых портов ПЛИС, что не реализуемо в рамках отечественных радиационно-стойких кристаллов, обладающих недостаточным количеством портов ввода-вывода.

Использование отдельной сигнальной линии упирается в необходимость разработки специфичного протокола и синхронизации кодера и декодера, однако данный путь является более реализуемым на практике.

Синхронизация рассматривалась на примере кодирования избыточного символа, сформированного по детерминированному алгоритму из данных, содержащих информацию о состоянии кодера в момент формирования основного сообщения.

Произведен анализ всех возможных комбинаций сбоев во всех элементах кодера. Исследовались ошибки в выходном кодовом слове, ошибки в буфере и ошибки в счетчике адреса. В результате было выявлено, что существует единственная комбинация двух выходных кодовых слов по которым можно достоверно установить состояние кодера.

Таким образом получив эту комбинацию, декодер может со 100% вероятностью установить начальное состояние, таким образом приняв этот момент за начало обмена, а полученное последним кодовое слово использовать для вычисления на следующем такте вероятностных путей в соответствии с алгоритмом Витерби.

Было проведено моделирование математических моделей сверточных кодов с другими скоростями, в результате чего было выявлено, что для исследованных кодов всегда есть хотя бы одна уникальная комбинация, позволяющая по ней произвести синхронизацию.

Synchronization methods of the convolution coder and the decoder of multicrystal system on a FPGA

Nikitin A.A.
RSC Energia, Korolev

One of methods of protection of intercrystal exchange in multicrystal systems on a FPGA is convolutional coding. The convolution coder (5,7) with a coding speed also creates code words long the character, each of them can be transferred either on the parallel bus or on separate line having the specific protocol. Use of the parallel bus leads to three-fold increase in number of the occupied FPGA ports that isn't implemented within the domestic radiation-hardened crystals those have a modest quantity of input/output ports. Use separate signal lines rest against need of development of the specific protocol and need of synchronization of the coder and decoder, however this way is implementabler in practice.

Synchronization was considered on the example of coding of the excess character created on the determined algorithm from the data containing information on a coder status at the time of formation of the main message.

The analysis of all possible combinations of failures in all elements of the coder is made, errors in an output code word, errors in the buffer and errors in the location counter were researched. As a result revealed that there is a single combination of two output code words by which it is possible to set a coder status authentically. Thus having received this combination the decoder can from 100% probability set start state, having taken this moment for the beginning of exchange, and the accepted last used code word for computation on the following clock period of probable ways according to an algorithm Viterbi.

Simulation of mathematical models of convolutional codes with other speeds, therefore it was revealed that for probed codes had always at least one unique combination allowing to make on it synchronization was carried out.

Вопросы концепции реализации промышленной добычи полезных ископаемых с астероидов, сближающихся с Землей, и формирования соответствующей адаптируемой системы космических аппаратов

Никитюк И.С., Троянов Е.А.
МАИ, г. Москва

Новые источники полезных ископаемых жизненно необходимы для современной человеческой цивилизации. Некоторые астероиды действительно могут являться перспективным источником нужных человеку химических элементов и их соединений.

В работе рассматриваются базовые вопросы концепции реализации промышленной добычи полезных ископаемых для группы астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), известных как околоземные астероиды (ОЗА), рассмотрены также проблемы разработки специализированной системы космических аппаратов (КА).

При выполнении работы, на основе анализа классов астероидов (по составу, размеру, параметрам орбит и др.) и выбора подгрупп астероидов, потенциально пригодных для последующего использования в качестве источников полезных ископаемых, были рассмотрены:

1. Методы транспортировки ОЗА к Луне (в окрестность Луны).
2. Варианты проектного облика транспортного космического аппарата «Космический буксир».
3. Варианты универсального модуля «Захват».

Объектом исследования данной работы является платформа – транспортный космический аппарат «Космический буксир» и универсальный модуль «Захват» для обеспечения гарантированного и надежного захвата астероида-цели.

Представлены варианты структуры транспортного космического аппарата, основные технические характеристики.

Разработаны предложения по модулю захвата астероида-цели.

В данной работе предполагается транспортировка малых небесных тел к Луне (с размещением на орбитах в окрестности Луны).

Представлены расчеты технико-экономической эффективности реализации представленной программы и условия ее окупаемости.

Issues of the concept of the implementation of industrial mining of asteroids approaching the Earth, and the formation of an appropriate adaptable system of spacecraft

Nikityuk I.S., Troyanov E.A.
MAI, Moscow

New sources of minerals are vital to modern human civilization. Some asteroids can really be a promising source of the chemical elements and their compounds necessary for man.

The paper deals with the basic issues of the concept of industrial mining for a group of near-earth asteroids (ASZ), known as near-earth asteroids (OZ), also considered the problems of the development of a specialized system of spacecraft (SC).

When performing the work, based on the analysis of asteroid classes (composition, size, orbit parameters, etc.) and the choice of subgroups of asteroids potentially suitable for subsequent use as sources of minerals, were considered:

1. Methods of transportation of OZ to the moon (in the vicinity of the moon).
2. Variants of the design appearance of the spacecraft "space tug".
3. Options universal module "Capture".

The object of the study of this work is the platform – transport spacecraft "space tug" and universal module "Capture" to ensure a guaranteed and reliable capture of the asteroid-target.

The variants of the structure of the transport spacecraft, the main technical characteristics.

Developed module to capture an asteroid of the target.

In this paper, it is proposed to transport small celestial bodies to the moon (with placement in orbits in the vicinity of the moon).

Calculations of technical and economic efficiency of implementation of the presented program and conditions of its payback are presented.

Совместная оптимизация характеристик электроракетной двигательной установки и комбинированного выведения на ГСО с учетом действия возмущений

Николичев И.А.
МАИ, г. Москва

В работе рассматривается задача совместной оптимизации параметров сложной комбинированной схемы выведения космического аппарата (КА) с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) на геостационарную орбиту (ГСО), а так же параметров самой энергодвигательной установки КА. Известно, что комбинированная схема выведения, как правило, предполагает рассмотрение транспортной системы состоящей из нескольких различных ступеней, качественно отличающихся между собой уровнем создаваемого ими реактивного ускорения. В работе в качестве первой ступени такой транспортной системы предлагается использовать химический разгонный блок (ХРБ) «Фрегат», а в качестве второй выступает сам КА с ЭРДУ.

Анализируемая комбинированная схема выведения кратко может быть описана следующим образом: транспортная система с низкой опорной круговой орбиты переводится с помощью ХРБ на некоторую промежуточную орбиту, с которой (после отделения ХРБ) космический аппарат совершает продолжительный многовитковый перелет на ГСО используя тягу маршевой ЭРДУ.

Задача оптимизации комбинированной схемы формулируется следующим образом. В качестве основного критерия оптимальности рассматривается масса полезного груза, доставляемого на ГСО, при этом предполагается, что суммарная продолжительность перелета ограничена. В результате решения задачи оптимизации определяются оптимальные значения параметров промежуточной орбиты, траектории управляемого движения центра масс космического аппарата, а также оптимальные характеристики ЭРДУ – значения тяги и скорости истечения. Важно отметить, что на всех этапах рассматриваемой комбинированной схемы выведения для описания управляемого движения центра масс транспортной системы используется сложная математическая модель, соответствующая возмущенному движению. Последнее требует применения ряда специфических методов численного дифференцирования, основанных на использовании математического аппарата дуальных чисел, для успешного решения оптимизационной проблемы с помощью непрямого метода – принципа максимума Понтрягина.

В результате решения задачи совместной оптимизации для рассматриваемой комбинированной схемы выведения удается количественно и качественно оценить степень влияния действия возмущений на основные характеристики ЭРДУ, параметры промежуточной орбиты (формируемой ХРБ), и на траекторию управляемого движения центра масс транспортной системы.

Joint optimization of the characteristics of the electric propulsion system in the optimization of the combined transfer problem to GSO taking into account the effect of perturbations

Nikolichev I.A.
MAI, Moscow

The problem of joint optimization of the parameters of a complex combined scheme for launching a spacecraft with an electric propulsion system (EPS) into a geostationary orbit (GSO), as well as EPS parameters directly is considered. It is known that the combined scheme for launching assumes consideration of the transport system consisting of several different stages, qualitatively differing from each other by the level of the reactive acceleration. As the first stage

of such a transportation system in this work, it is proposed to use the chemical booster block (CBB) "Fregat", and as the second it is the directly acts the spacecraft with EPS.

The analyzed combined scheme can be briefly described as follows: a transport system is transferred from a low reference circular orbit with a radius of 500 km by using CBB to some intermediate highly elliptical orbit from which (after separation of the CBB) the spacecraft makes a long multirevolutional flight to GSO using the thrust of the EPS.

The optimization problem for the combined scheme can be formulated as follows. As the criterion of optimality, the payload mass delivered to GSO is considered. It is assumed that the total duration of the flight of the entire transport system is limited. As a result of solving this optimization problem, the optimal values of the parameters of the intermediate high-elliptical orbit and the trajectory of the controlled motion of the center of mass of the spacecraft, as well as the optimal characteristics of the EPS are determined. It is important to note here that at all stages of the combined scheme a complex mathematical model corresponding to the perturbed motion is used for describing the controlled motion of the center of mass of the transportation system. It requires the use of a number of specific methods of numerical differentiation based on the use of the mathematical apparatus of dual numbers to achieve the successful solution of the optimization problem by using the indirect method of optimization, the Pontryagin maximum principle.

Thus, as a result of solving the joint optimization problem for the considered combined transfer scheme, it is possible to quantitatively and qualitatively evaluate the degree of influence of the perturbation action on the main characteristics of the EPS, the optimal parameters of the intermediate orbit, and the trajectory of the controlled motion of the center of mass of the transportation system.

Выбор облика гиперзвуковой крылатой ракеты

Носов Г.А.
МАИ, г. Москва

Выбор облика гиперзвуковой крылатой ракеты (ГЗКР).

Под обликом ГЗКР подразумевается совокупность признаков, и технических решений по ним, и их проектных параметров, характеризующих ракету с точки зрения функциональных характеристик, и параметров боевой эффективности.

К признакам, которые определяют качественные особенности облика ГЗКР можно отнести следующие:

• По внешней конфигурации: Число ступеней и схема их расположения, аэродинамическая схема, геометрические формы элементов планера (фюзеляж, крыло…), неоднородности и качество выполнения внешней поверхности.

• По двигательной установке (ДУ): тип маршевого двигателя, воздухозаборника (ВЗ), сопла (СП), схемы их размещения, вид топлива и т.п.

• По конструктивным решениям: тип конструкционного материала, наличие и тип системы охлаждения, теплозащитных покрытий (ТЗП), других специальных покрытий (например, радиопоглощающих), силовые схемы и технологические способы исполнения элементов конструкций и т.п.

• По полезной нагрузке: тип и структура полезной нагрузки, её назначение (боевая часть (БЧ), разведывательное оборудование и т.п.)

• По средствам радиоэлектронного противодействия (РЭП): наличие и тип средств РЭП (станции активных помех (САП), ложные цели (ЛЦ) и т.п.

• По баллистическим характеристикам: параметры траектории и противозенитного маневра, профили скоростей и другое.

В данной работе были выбраны тактико-технические требования к ГЗКР, исходя из условия атаки стратегически важной цели без вхождения в зону её противовоздушной обороны (ПВО), рассмотрены вопросы выбора аэродинамической схемы и двигательной установки с учетом особенностей гиперзвукового ЛА, дана приближенная оценка масс различных составляющих бортового оборудования и систем (таких как радиолокационная

головка самонаведения (РГСН), бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ), боевая часть (БЧ), топливные баки, потребный запас топлива, маршевый двигатель…) с учетом известных по статистике плотностей компоновки оценены объёмы необходимые для размещения оборудования, размеры соответствующих отсеков и габариты ГЗКР в целом.

Selecting the appearance of a hypersonic cruise missile

Nosov G.A.
MAI, Moscow

Choice of the appearance of a hypersonic cruise missile (HCM).

The appearance of the HCM implies a set of features, and technical solutions for them, and their design parameters that characterize the missile in terms of functional characteristics, and the parameters of combat effectiveness.

To the attributes that determine the qualitative features of the appearance of the HCM, the following can be attributed:

• According to the external configuration: The number of stages and their arrangement, aerodynamic scheme, geometric shapes of the glider elements (fuselage, wing ...), heterogeneity and quality of the external surface.

• On the propulsion system: the type of engine, air intake, nozzle, their layout, type of fuel, etc.

• On constructive solutions: the type of structural material, the presence and type of the cooling system, heat-shielding coatings, other special coatings (for example, radio absorbing), power circuits and technological methods for the execution of structural elements, etc.

• By payload: the type and structure of the payload, its purpose (combat unit, reconnaissance equipment, etc.)

• By means of electronic countermeasures: the availability and type of electronic countermeasures (active jamming stations, false targets, etc.);

• On ballistic characteristics: parameters of the trajectory and anti-ship maneuver, velocity profiles and others.

In this paper, the tactical and technical requirements for the HCM were selected based on the condition of attacking a strategically important target without entering its air defense zone, were discussed the choice of the aerodynamic scheme and propulsion system was considered taking into account the hypersonic aircraft characteristics, an approximate estimate of the masses of various components on-board equipment and systems (such as a radar homing head, an on-board digital computer, a warhead, fuel tanks, arshevy engine ...) based on known statistics on the equipment densities estimated volume required for the equipment, the size of the relevant compartments and dimensions HCM in general.

Запуск моделей ракет-носителей для сбора информации о внешней среде

Оборин Ф.С.
МАИ, г. Москва

Подготовка к старту является важным этапом жизненного цикла ракеты носителя и космического аппарата. Этот процесс наиболее ответственный и требует особого внимания. Изделие должно выдерживать различного рода нагрузки, например, ветровые нагрузки, изменение погодных условий во время подготовки, осадки и так далее.

Во время запуска и набора высоты изделие также испытывает вибрацию, акустические удары и другие механические явления. Также при выработке топлива смещается центровка РН и при нестабильном полете может произойти опрокидывание. С набором высоты увеличивается и ветер, на разных высотах и слоях атмосферы поток ветра может резко менять направление и скорость, что совместно с явлением опрокидывания может стать причиной серьезной аварии.

Для оценки влияния внешней среды на полет РН предлагается использование модели ракеты и ее заблаговременный запуск перед стартом основного изделия. Это позволит

правильно построить траекторию полета, оценить влияние ветровых и температурных нагрузок на разных высотах полета и снять другие показания, необходимые для полета основного изделия. Все это значительно повысит надежность запуска, предотвратит нештатные ситуации и повысит процент успешного запуска изделия.

Предварительный запуск модели ракеты необходим для оценки ситуации перед пилотируемым полетом, так как пилотируемые миссии очень важны и основным аспектом успешного полета является безопасность экипажа.

Развитие космической техники влечет за собой появление новых космических аппаратов и соответственно новых ракет-носителей. Для их успешной безаварийной эксплуатации необходимы соответствующие испытательные системы. Но одним из основных аспектов полета является внешняя среда планеты. Появление моделей ракет-носителей и их заблаговременный запуск упростит сбор данных по внешней среде и улучшит параметры полета основного изделия.

Launch models of space vehicles to collect information about the external environment

Oborin F.S.
MAI, Moscow

Preparation for launch is an important stage in the life cycle of a carrier rocket and spacecraft. This process is the most responsible and requires special attention. The product must withstand various loads, for example, wind loads, changes in weather conditions during preparation, precipitation, and so on.

During start-up and climb, the product also experiences vibration, acoustic shocks and other mechanical phenomena. Also, in the production of fuel, the alignment of the LV is shifted and an unstable flight can lead to a rollover. With a set of heights, the wind also increases, at different heights and layers of the atmosphere, the wind current can dramatically change direction and speed, which together with the phenomenon of overturning can cause a serious accident.

To assess the impact of the environment on the flight of the launch vehicle, it is proposed to use the rocket model and its early launch before launching the main product. This will allow to correctly build the flight trajectory, to estimate the influence of wind and temperature loads at different altitudes and to remove other indications necessary for the flight of the main product. All this will significantly improve the reliability of the launch, prevent abnormal situations and increase the percentage of successful launch of the product.

The preliminary launch of a missile model is necessary to assess the situation before a manned flight, since manned missions are very important and the main aspect of a successful flight is the safety of the crew.

The development of space technology entails the emergence of new space vehicles and, accordingly, new carrier rockets. For their successful trouble-free operation, appropriate test systems are needed. But one of the main aspects of the flight is the external environment of the planet. The appearance of models of launch vehicles and their advance launch will simplify the collection of data on the external environment and improve the flight parameters of the main product.

Увод крупных объектов космического мусора из окрестности ГСО

Обухов В.А., Покрышкин А.И., Попов Г.А., Свотина В.В.
МАИ, г. Москва

Данные о текущем состоянии и прогнозные оценки техногенного засорения окрестностей геостационарной орбиты (ГСО) свидетельствуют об актуальности увода отработавших космических аппаратов (КА) в зону захоронения. Одним из способов удаления объектов космического мусора (ОКМ) является применение специализированных КА обслуживания, которые сближаются с удаляемым объектом и посредством механического контакта буксируют на орбиту захоронения. Однако, фрагменты ОКМ могут иметь большие остаточные угловые моменты или находиться в состоянии неопределенного вращения, что делает труднореализуемым их увод с

использованием контактных методов, тем более при наличии больших панелей солнечных батарей. Концепция применения КА с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) и бортовой системой бесконтактного воздействия (БСБВ) на фрагменты КМ с использованием системы инжекции ионного пучка (СИИП), обсуждается в настоящем докладе. Связь между КА и ОКМ осуществляется с помощью квазинейтрального ионного пучка, формируемого системой инжекции ионного пучка (СИИП). Управление орбитальным движением связки «КА-ОКМ» осуществляется с помощью ЭРДУ. Выбор структуры и схемы функционирования ЭРДУ диктуется способом управления КА при транспортировке ОКМ. Коэффициент использования импульса ионного пучка зависит от угла расходимости пучка и расстояния КА до ОКМ.

В настоящем докладе в рамках реализации данной концепции обсуждается связанные с этим ряд принципиальных проблем:

• Выбор параметров ионного пучка, исходя из условий формирования и рапространения компактного пучка, эффективного для передачи импульса с расстояния нескольких десятков метров;

• Оценка на основе моделирования составляющих импульса, воздействующего на ОКМ сложной формы, находящийся в неопределенном угловом положении относительно КА;

• Алгоритм управления КА при уводе ОКМ при неопределенной реакции ОКМ на силовое воздействие ионным пучком;

• Влияние эрозионных эффектов при воздействии ионного пучка на ОКМ.

По результатам рассмотрения указанных проблем делается предложение по параметрам систем КА.

Space debris objects withdrawl from the geostationary orbit vicinity

Obukhov V.A., Pokryshkin A.I., Popov G.A., Svotina V.V.
MAI, Moscow

Data on current state and projections of technogenic contamination of a geostationary orbit (GSO) vicinity confirm relevance of withdrawal of the fulfilled spacecrafts (SC) into burial orbit. One of ways of removal of the space debris objects (SDO) is application of specialized SC which approach the deleted object and tow it in a burial orbit by means of mechanical contact. However, SDO fragments can have the larger residual angular moments or be in a condition of non-predictable rotation that does poor-selling their withdrawal with use of contact methods, especially in the presence of larger solar panels. The concept of SC application with the electric propulsion system (EPS) and the onboard system of non-contact influence on SDO with use of the ion beam injector is discussed in the present. Interaction between SC and SDO is carried out by means of the quasineutral ion beam formed by the ion beam injector. Control of orbital driving of a "SC-SDO" cluster is exercised by means of EPS. The choice of structure and the scheme of functioning of EPS is dictated by way of the SC motion when SDO transporting. The efficiency factor of an ion beam impulse depends on beam divergence angle and distance of SC to SDO.

In the report present within implementation of this concept a number of the basic problems are discussed:

• The choice of ion beam parameters, proceeding from conditions of formation and a distribution of a compact beam, efficient for a momentum transfer from distance of several tens meters;

• Assessment on the basis of modeling of components of the impulse influencing on irregular shape SDO which is in non-predictable angular situation concerning SC;

• A control algorithm of SC motion at SDO withdrawal at non-predictable reaction of SDO to force influence by an ion beam;

• Influence of erosive effects at impact of an ion beam to SDO.

By results of consideration of the specified problems the offer in parameters of the SC subsystems is given.

Алгоритмическая и программная реализация единой концепции оптимального планирования маршрута полета легких беспилотных летательных аппаратов

Односталко И.А., Моисеев Д.В.
МАИ, г. Москва

В рамках единой концепции оптимального планирования маршрутов полета легких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) был разработан специальный программный комплекс, имеющий открытую архитектуру и оснащенный дружественным графическим интерфейсом.

Программный комплекс включает в свой состав ядро на основе высокопроизводительного стандартного программного обеспечения (ПО) и периферийное специализированное ПО, обеспечивающее работу ядра. Программное обеспечение, входящее в ядро, обеспечивает решение основных и вспомогательных задач маршрутизации, относящихся по своей природе к задачам булева линейного программирования и использует функцию cplexbilp пакета CPLEX. Периферийное ПО обеспечивает ввод-вывод информации, необходимой для построения маршрута и ее графическое представление, формирование записи исходных данных в форме необходимой для работы ядра, а также управляет работой всего комплекса. Программный комплекс реализован с помощью встроенного языка программирования пакета MATLAB.

Комплекс позволяет решать задачи планирования оптимальных маршрутов полета БПЛА в различных постановках. Например, строить маршрут облета максимального количества точек за минимальное время, не превосходящее допустимое. Возможно решение задач планирования маршрута полета в многокритериальной постановке.

При исследовании возможностей программного комплекса была построена зависимость среднего времени расчета маршрута от количества связываемых им точек. Выяснилось, что при количестве маршрутных точек до 170 – 180 программный комплекс обеспечивает стабильный расчет маршрута полета за несколько минут. В частности, маршрут, связывающий 165 точек, был рассчитан за 130 секунд. Вычисления производились на компьютере с процессором Intel(R) i3-4160 CPU@3.60GHz.

Открытая архитектура комплекса позволяет наращивать его возможности в плане решения новых задач маршрутизации. Для этого необходимо дополнять периферийное ПО соответствующими программными модулями. При этом ядро комплекса изменений не требует.

Комплекс в современном своем виде предназначен для проведения исследований в области булева линейного программирования маршрутов полета БПЛА. Однако опыт, приобретенный в процессе его создания может быть полезен при разработке специального ПО для рабочего места оператора управления полетом легких БПЛА.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-08-01650 А.

Algorithmic and software implementation of unified concept of UAVs optimal flight routes planning

Odnostalko I.A., Moiseyev D.V.
MAI, Moscow

Within the confines of the unified concept of UAVs optimal flight routes planning the software complex was developed. It has an open architecture and a friendly graphical interface.

The software complex has a kernel based on high-performance standard software and peripheral specialized software, providing the work of the kernel. The kernel provides the solution of the basic and auxiliary routing tasks, which are inherently related to the problems of Boolean linear programming. The kernel uses the cplexbilp function of the CPLEX package. Peripheral software provides input-output of information and its graphical representation, forming a record of the original data in the form of a kernel and also manages the work of the whole complex. The software complex is implemented using the built-in programming language of the MATLAB package.

The complex allows to solve the problems of planning the flight route in various settings. For example, to build a route of flying the maximum number of points in a time that does not exceed the admissible. It is possible to solve the problems of planning the flight route in a multicriterion setting.

With the number of waypoints up to 170 - 180 the program complex provides a stable calculation of the flight routes in a few minutes. In particular, the route linking 165 points was calculated in 130 seconds. The calculations were performed on the computer with an Intel (R) i3-4160 CPU@3.60GHz.

The open architecture of the complex allows to increase its capabilities in terms of solving new routing tasks. To do this, it is necessary to supplement the peripheral software with the appropriate software modules. In this case the kernel of complex does not require the changes.

The complex in its modern form is intended for carrying out research in the field of Boolean linear programming of flight routes of UAVs. However, the experience gained in the process of its creation can be useful in developing special software for the workplace of the UAVs flight control operator.

The work is supported by RFBR (grant No. 17-08-01650 A).

Сорбционно-каталитическая очистка конденсата в системе регенерации воды космической станции

Павлов А.В., Бобе Л.С.
НИИхиммаш, г. Москва

В настоящее время в работающую на Международной космической станции систему регенерации воды из конденсата атмосферной влаги (СРВ-К) конденсат из системы кондиционирования атмосферы транспортируется воздухом. Очистка конденсата проходит вначале в газожидкостном потоке, затем после сепарации от воздуха – в жидкой фазе. Окисление основной части органических примесей осуществляется в каталитическом реакторе при атмосферном давлении и температуре в станции с использованием кислорода транспортного воздуха. Очистка жидкости от оставшихся органических и неорганических примесей осуществляется сорбционно-каталитическим методом с использованием катализатора, ионообменных смол и адсорбента. Окислителем органических примесей в жидкой фазе является кислород, запасённый катализатором. Объем запасенного кислорода и его расходование при окислении примесей определяют ресурс катализатора.

Задача повышения ресурса узла очистки конденсата является актуальной. Ресурс ионообменных смол по очистке от ионообразующих примесей не является лимитирующим. В связи с этим были поставлены и проведены исследования по повышению степени окисления не диссоциирующих на ионы органических веществ в двухфазной газожидкостной фазе.

В докладе приведены данные по каталитическому окислению органических примесей в газожидкостном потоке применительно к условиям микрогравитации при различных параметрах процесса, показывающие возможности существенного увеличения ресурса узла очистки системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги Международной космической станции.

Sorption-catalytic purification of condensate in a water recovery system for a space station

Pavlov A.V., Bobe L.S.
NIIchimmash, Moscow

At the present time condensate from the atmosphere condition system is transported to the system for water recovery from humidity condensate (SRV-K) on ISS by air. At first the condensate is purified in the gas-liquid flow, then after the separation from the air - in the liquid phase. Oxidation of the main part of organic impurities occurs in the catalytic reactor at atmospheric pressure and temperature in the station using oxygen from the transport air. The

oxidant of organic impurities in the liquid phase is the oxygen stored by the catalyst. The consumption of oxygen determines the resource of the catalyst.

Increasing the resource of the condensate purification unit is an actual task. The resource of ion-exchange resins for the purification of condensate from ion-forming impurities does not limit resource of the unit. For this reason studies to increase the degree of oxidation of non-ionizing organic substances in the two-phase gas-liquid phase were prepared and carried out.

The results of the experiments and data on the catalytic oxidation of organic impurities in the gas-liquid flow in relation to the conditions of microgravity at various process parameters, showing the possibilities of a significant increase in the resource of the cleaning unit of the system for water recovery from humidity condensate are presented in this report.

Система газоснабжения стартового комплекса

Панков Н.А.
МАИ, г. Москва

Нынешний период технологического прогресса обуславливается увеличением областей использования САУ в сферы РКТ, при решении задач использования оборудованием стартовых комплексов.

Одна из составных частей стартовых комплексов считаются системы газоснабжения. СГ производит зарядку источников питания бортовых систем навигации и регулирования, замещение жидких элементов топлива, наддув и регулирования давления, питание механизмов, продувку охладительных ёмкостей, а также ряд других важных функций.

Одним из значимых классов этой системы считаются системы, гарантирующие предстартовое наполнением газом в системы газоснабжения стартовых комплексов ракет.

Газ данного вида располагается в баллонах обычного размера, дозволяющих наполнение вплоть до максимально возможного давления. Баллоны могут быть соединены в секции с помощью совмещения их неизменных линий.

Применение баллонов в качестве источника питания в сопоставлении компрессорной станцией увеличивает надёжность деятельности системы газоснабжения, даёт возможность выполнить необходимые расходы газа при минимальных затратах на формирование и использование.

СГ доставляет газ потребителям (устройствам заправляемого объекта и начального оснащения) в установленной очередности, характеризуемой циклограммой пользования газов, оказывающей нюансы подключения или отключения потребителей от источников питания, значения требуемых им давлений и затрат газа.

Таким образом, из-за подбора структуры и закона регулирования СГ допускается значительное уменьшение массы газа, накачиваемого в системы газоснабжения для реализации данной циклограммы использования газов. Данное уменьшение — значит понижение важных и рабочих расходов, увеличивает надёжность.

Gas supply system of the launch complex

Pankov N.A.
MAI, Moscow

The current period of technological progress is due to an increase in the areas of use of ACS in the field of rocket-and-turn technology, while solving the problems of using equipment of launch complexes.

One of the components of the launch complexes are gas supply systems. SG performs charging of power sources for onboard navigation and regulation systems, replacement of liquid fuel elements, pressurization and pressure regulation, power supply of mechanisms, blowing of cooling tanks, as well as a number of other important functions.

One of the most significant classes of this system are systems that guarantee the pre-launching of gas in the gas supply systems of launch complexes of gas.

The gas of this type is located in cylinders of normal size, allowing filling up to the maximum possible pressure. Cylinders can be connected in sections by combining their unchanged lines.

The use of cylinders as a power source in comparison with a compressor station increases the reliability of the gas supply system, makes it possible to perform the necessary gas consumption at the lowest cost for the formation and use.

SG delivers gas to consumers (devices of the refueled object and initial equipment) in the prescribed order, characterized by a cyclogram of gas use, providing the nuances of connecting or disconnecting consumers from power sources, the values of the required pressure and gas costs.

Thus, due to the selection of the structure and the law of SG regulation, a significant decrease in the mass of the gas pumped into the gas supply systems for the implementation of this cyclogram of gas use is allowed. This reduction means a reduction in important and operational costs, increases reliability.

Оценка защищенности МКС от воздействия космического мусора

Паткин А.А.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день, одной из самых важных проблем освоения околоземного космического пространства является его засоренность космическим мусором, который может представлять угрозу Международной Космической станции.

Среди космических объектов выделяют естественные и техногенные. Естественные не создают серьезной опасности для МКС. Попадая в ОКП, быстро проходят через него и сгорают в плотных слоях атмосферы. Техногенные же, будучи запущенными с Земли на орбиты вокруг нее, двигаются на этих орбитах длительное время, создавая постоянную угрозу.

На МКС применяются меры, которые должны либо исключить, либо уменьшить урон от космического мусора. К активным мерам относится маневр уклонения, который должен обезопасить станцию от объектов, которые входят в область опасного сближения со станцией, и которые можно отследить с Земли. Пассивные меры защиты представляют собой бронирование некоторых сегментов и элементов станции, что должно защитить от малых объектов, которые нельзя отследить существующими средствами наблюдения.

Так как проведение маневров с целью уклонения от космического мусора является очень затратным мероприятием, необходим точный расчет траекторий МКС и КО. С недавних пор расчет осуществляется и в российском ЦУП. При этом, было представлено два способа расчета матриц ошибок. Использование программы измерений КО пассивным средствам наблюдения характерно для первого способа. Матрица ошибок КО в этом случае создается методом «наименьших квадратов» с учетом заранее известной информации. Второй строится на использовании сообщений о сближении КО с МКС, которые поступают в ЦУП от системы контроля космического пространства и в которых содержатся прогнозы параметров траектории КО на момент точки опасного сближения.

Можно сказать, что на МКС приняты очень эффективные меры по отношению к космическому мусору, что делает станцию в этом отношении безопасной структурой. Это доказано большим сроком эксплуатации и оперативным решением опасных ситуаций. Как показывает практика, большинство крупных инцидентов на станции возникают по другим причинам. Основные причины высокой безопасности:

- Постоянный мониторинг МКС и космического мусора, расчет вероятностей столкновения;
- Существование передовых технологических мер по защите от вредного воздействия мелкого и относительно крупного космического мусора.

Evaluation of the ISS protection against the impact of space debris

Patkin A.A.
MAI, Moscow

To date, one of the most important problems in the development of near-Earth space is its debris with space debris, which can pose a threat to the International Space Station.

Among the space objects are natural and man-made. Natural do not pose a serious threat to the ISS. Getting to near-Earth space, quickly pass through it and burn in dense layers of the atmosphere. The technogenic ones, being launched from the Earth into orbits around it, move in these orbits for a long time, creating a permanent threat.

The ISS applies measures that should either exclude or reduce the damage from space debris. Active measures include evasion maneuver, which should protect the station from objects that enter the area of dangerous approach to the station, and which can be traced from the Earth. Passive protection measures are the booking of certain segments and elements of the station, which should protect against small objects that can not be tracked by existing surveillance facilities.

Since carrying out maneuvers to evade space debris is a very costly exercise, it is necessary to accurately calculate the trajectories of the ISS and space objects. Recently, the calculation is also being carried out at the Russian Mission Control Center. In this case, two ways of calculating the error matrices were presented. The use of the program of measurements of space objects to passive means of observation is characteristic of the first method. The matrix of errors of cosmic objects in this case is created by the method of "least squares" taking into account the information known in advance. The second is based on the use of messages on the convergence of space objects with the ISS, which are received by the Mission Control Center from the space control system and which contain predictions of the parameters of the trajectory of space objects at the time of the dangerous approach.

It can be said that the ISS has taken very effective measures with respect to space debris, which makes the station in this respect a safe structure. This is proved by the long service life and the operative solution of dangerous situations. As practice shows, most major incidents at the station arise for other reasons. The main reasons for high security:

• Constant monitoring of ISS and space debris, calculation of collision probabilities;

• Existence of advanced technological measures to protect against the harmful effects of small and relatively large debris.

Воздействия тяжёлых заряженных частиц в околоземном и межпланетном пространстве

Пронина П.Ф., Садретдинова Э.Р., Родченко В.В., Надежкина Е.В.
МАИ, г. Москва

Сбои работы бортовых компьютеров и электронных систем происходят, главным образом, из-за тяжёлых заряженных частиц. Количество и концентрация их в космическом пространстве вблизи Земли и других планет, а также между ними балансируется «солнечным ветром». Солнечный ветер - направленное перемещение частиц от Солнца к Земле. Поток солнечного ветра проходит к Земле, когда её магнитное поле ослабевает. В такие моменты тяжёлые частицы контактируют с магнитными частицами Земли, из-за чего происходит крах привычного порядка в атмосфере планеты, поскольку частицы начинают противостоять друг другу. Вследствие этого появляются магнитные бури. Когда через микросхему перемещается заряженная частица с большей энергией, случается сбой в работе электронной системы, а также начинается явление «локальной ионизации». Сбои может также спровоцировать воздействие вторичных частиц.

Поскольку тяжёлые заряженные частицы находятся в непосредственной близости Земли, внутри её радиационного пояса, вероятность опасного воздействия увеличивается. Это продукты ядерных реакций, которые возникают, когда космические лучи взаимодействуют с атмосферой планеты.

На высоте 400 км находится МКС, и такие высоты называют низкими. Именно на таких высотах, в местах, где магнитное поле Земли уменьшается, можно встретить тяжёлые заряженные частицы. В этих зонах чаще всего и случаются сбои в функционировании бортовых компьютеров спутников.

Выше, на высоте 1000 км, тяжёлые заряженные частицы увеличивают область своего воздействия. Здесь возникает большая опасность негативного воздействия на организм человека, его здоровье на клеточном уровне. Воздействие на бортовые компьютеры становится ещё больше.

Перед тем, как организовать полет человека в космос, необходимо тщательно спланировать всю миссию, и особенным образом изучить траекторию движения и опасность воздействия тяжёлых заряженных частиц на электронику и организм космонавта. Нужно строго учитывать аномальные участки магнитного поля Земли. Именно поэтому важно изучать и развивать науку о космической погоде.

Effects of heavy charged particles in near-earth and interplanetary space

Pronina P.F., Sadretdinova E.R., Rodchenko V.V., Nadezhkina E.V.
MAI, Moscow

Failures of operation of on-board computers and electronic systems happen, mainly, because of heavy charged particles. The quantity and their concentration in space near Earth and other planets and also between them is balanced with "solar wind". Solar wind - the directed movement of particles from the Sun to Earth. The stream of solar wind passes to Earth when its magnetic field weakens. At such moments heavy particles contact to magnetic particles of Earth because of what there is crash of a habitual order in the atmosphere of the planet as particles begin to resist each other. Thereof there are magnetic storms. When through a chip charged particle with greater energy moves, there is a failure in work of electronic system and also the phenomenon of "local ionization" begins. Influence of secondary particles can also provoke failures.

As heavy charged particles are Earth, in her radiation belt in close proximity, the probability of dangerous influence increases. These are products of nuclear reactions which arise when space beams interact with the atmosphere of the planet.

At the height of 400 km there is an ISS, and such heights are called low. At such heights, in places where magnetic field of Earth decreases, it is possible to meet heavy charged particles. In these zones most often there are also failures in functioning of on-board computers of satellites.

Above, at the height of 1000 km, heavy charged particles increase area of the influence. There is a big danger of negative impact on a human body, his health at the cellular level. Impact on on-board computers becomes even more.

Before organizing weeds the person in space, it is necessary to plan carefully all mission and to especially study a trajectory of the movement and danger of impact of heavy charged particles on electronics and the astronaut's organism. It is necessary to consider strictly abnormal sites of magnetic field of Earth. For this reason it is important to study and develop science about space weather.

Составляющие ресурса регенерационных систем жизнеобеспечения для экипажей долговременных космических станций и планетных баз

Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А.
НИИхиммаш, г. Москва

При создании долговременных обитаемых космических станций (ОКС) и планетных баз регенерационные системы жизнеобеспечения (РСЖО) экипажа – ключевая технология. Основа РСЖО – физико-химические процессы (биотехнология – как эксперимент). Принципы построения РСЖО:

- Переработка продуктов жизнедеятельности экипажа;
- Длительность эксплуатации, большая наработка;
- В ряде систем – циклическая работа (пример, сорбция-десорбция);
- Работа системы на борту идет до неустранимого отказа.

При эксплуатации РСЖО требуется обеспечить максимально возможный ресурс до отказа. На опыте разработки и эксплуатации РСЖО Международной космической станции (и ранее ОКС «Мир» и «Салют») можно выделить составляющие, определяющие ресурс систем на борту.

А. Штатные – их действие задано, постоянно, предсказуемо.

А1. Время с момента изготовления (хранение + работа + стоянка).

А2. Время с момента активации, если оно отлично от А1.

А3. Время наработки, без учета хранения и стоянок.

А4. Количество выработанного/переработанного продукта.

А5. Режимы работы (частью перекрывается с А3+А4).

А6. Качество входных продуктов, поступающих в РСЖО.

А7. Число включений-отключений.

Б. Нештатные – их действие случайно и проявляется при эксплуатации.

Б1. Заложенные проектные и конструкторские решения.

Б2. Качество изготовления (и комплектующих) и объем проверок.

Б3. Решения, принимаемые по системе (включая ошибки человека).

Б4. Нештатные ситуации (НШС) при эксплуатации:

• В самой системе;

• В системах, взаимодействующих с рассматриваемой;

• Нештатные условия эксплуатации.

Б5. Наблюдаемость – возможность оценить техническое состояние.

В. Ремонтопригодность – возможность восстановить РСЖО при отказе.

В1. Прямой ремонт.

В2. Замена отказавшего элемента.

В3. Подключение дополнительного оборудования: восстановить работоспособность, устранить НШС, продлить срок эксплуатации, повысить безопасность (особенно при работе за гарантийным сроком).

Степень влияния составляющих на ресурс – индивидуальна в каждой системе. Опыт показал: в простых РСЖО преобладают штатные составляющие, в сложных – нештатные, в первую очередь НШС, тесно связанные с наблюдаемостью и принимаемыми решениями.

Рассмотрение составляющих ресурса конкретной РСЖО на фоне требований к ее параметрам и характеристикам:

• Определяет аппараты и особенности конструкции, ограничивающие ресурс, направления доработки и мероприятия по росту ресурса;

• Задает специфику контроля и прогноза технического состояния;

• Устанавливает методики эксплуатации.

Components of lifetime in regenerative life support systems for crews of long-term space stations and planetary bases

Proshkin V.Y., Kurmazenko E.A.

[2]NIIchimmash, Moscow

When creating long-term inhabited space stations and planetary bases, the crew's regenerative life support systems (RLSS) are key technology. Basis of RLSS – physical-chemical processes (biotechnology – experiment). Principles of building RLSS:

• Processing of crew metabolism products;

• Long lifetime (LT), long total operating time (OT);

• In a number of systems - cyclic operation (ex. sorption/desorption);

• System on board operate up to fatal failure.

During RLSS operation it is required to provide maximum possible LT to failure. Experience of developing and operating RLSS of the International Space Station (and formerly "Mir" and "Salyut") possible to identify components, that determine system LT on board.

A. Normal. Their action is set, constantly and predictably.

A1. Time from manufacturing moment: storage + operating + downtime.

A2. Time from activation moment, if it is different from A1.
A3. OT, without storage and downtime.
A4. Amount of produced/recycled product.
A5. Operation modes (partially overlap with A3+A4).
A6. Quality of input products entering in RLSS.
A7. Number of system starts and stops.
B. Off-normal. Their action is accidental and is detected during operation.
B1. Design, construct, engineering solutions for system.
B2. Quality of manufacturing and components, scope of control tests.
B3. Technical decisions with respect to system, including human errors.
B4. Off-normal situations (ONS) during operation:
• In RLSS itself;
• In systems interacting with considered system;
• In operating conditions.
B5. Observability – ability to assess system technical state.
C. Repairability – ability to system restore in case of failure.
C1. Direct repair.
C2. Replacement of failed element.
C3. Connection of additional equipment: restore work ability, eliminate ONS, extend service life, improve safety (especially outside warranty period).

Influence degree of considered components on LT is individual for each system. Experience has shown: in simple RLSS normal components predominate, in complex ones off-normal (primarily ONS, closely related to observability and technical decisions made).

Consideration of RLSS LT components against background of requirements for system parameters and characteristics:

determines devices and design features that limit LT, sets direction of improvement and measures to increase LT;

specifies specifics of monitoring and forecasting technical condition;

establishes operation methods.

Терморегуляторные реакции организма при применении автоматической системы контроля микроклимата скафандра

Пятница А.С., Филипенков С.Н., Четин В.И.
НПП «Звезда», г. Жуковский

В докладе приводятся физиологические результаты испытаний автоматической системы терморегулирования (АСТР), предназначенной для поддержания термонейтрального состояния организма при интенсивной физической работе в скафандре с контуром вентиляции и жидкостной системой охлаждения, покрывающей кожные покровы тела человека костюмом водяного охлаждения (КВО). В наземных условиях проведено 30 экспериментов, с участием 25 испытателей-добровольцев, выполнявших 120-180-минутные профили физической нагрузки по работе ногами/руками на элиптическом тренажёре или только ногами на велоэргометре с пиковыми ЭТ 5-10 ккал/мин при средних ЭТ до 250 ккал/ч. Для определения ЭТ методом непрямой дыхательной калориметрии производились непрерывные измерения расхода вентиляции и концентраций углекислого газа в атмосфере скафандра, а именно: разности концентрации CO2 на входе и выходе поглотителя CO2 системы жизнеобеспечения, снабженной контуром вентиляции и контуром водяного охлаждения. Применялась АСТР следящего типа, регулировавшая температуры воды в костюме (ТКВО) в зависимости от текущих ЭТ. Контроль качества регулирования осуществлялся на основании непрерывного измерения температуры тела (ТТ) и влагопотерь организма с учётом оценок добровольцами общего и локального теплового состояния по 7 бальной шкале.

Проведенные исследования показали работоспособность АСТР вполне достаточную для поддержания теплового состояния человека в диапазоне «тепло», «комфорт» или

«прохладно» во всём диапазоне ЭТ от 1,5-2 ккал/мин в состоянии относительного покоя до 10 ккал/мин при максимальной нагрузке при сохранении ТТ в пределах 35,7-37,3ОС и общих влагопотерях 75-230 г/ч. При выполнении 30-минутной нагрузки с максимальными энерготратами 8-10 ккал/мин ТТ повышалась до адекватного рабочей гипертермии уровня 37,0-37,3ОС. При продолжении отдыха в течение 10-20 минут ТКВО увеличивалась с минимальных значений 8-10 ОС до 18-23ОС, а ТТ достигала комфортного уровня 36,0-36,9ОС. Таким образом, разработанный следящий алгоритм управления системы автоматического терморегулирования не вызывал существенного дискомфорта и обеспечил достижение стабильного состояния собственной терморегуляции человека при выполнении работы во всём диапазоне ЭТ, соответствующим операциям ВКД.

Human thermoregulatory reactions during usage of automatic microclimate-control system for Space Suit

Pyatnica A.S., Filipenkov S.N., Chetin V.I.
RD&PE ZVEZDA, Zhukovsky

Background: Handle control of the human body thermal neutrality in the spacesuit requires lot of attention from the cosmonaut which is not always desirable or feasible. Improvements in thermal regulation during extra-vehicular activity (EVA) involve implementation of an automatic thermal control system operating independently of the knowledge of the working cosmonaut.

Methods: An automatic thermal control system (ATCS) was designed and tested to automatically maintain a human thermal comfort while wearing the space suit with a liquid cooling garment (LCG) and ventilation loop. Measurement of CO2 production as an indication of metabolic rate (MR) was used as a signal to the automatic control response to change liquid temperature at the inlet of the LCG. The human body temperatures (BT) registered continuously in the fossa behind the ear and on the skin.

Test subjects assessed the total/local thermal status according with 7-ball rating. Both objective and subjective parameters provided for the thermal state of subjects as they were being cooled by the LCG at the constant ventilation speed. The control algorithm was tested on 25 males, who performed a 120-180-min profile with peak MR 5-10 Kcal/min and mean 250 Kcal per hour with using both an arm/leg ellipse-ergometer and bicycle-ergometer. A total of 30 man-rated tests were conducted in the space suits at the on-ground level at the environmental temperature 18-20°C, humidity 50-60% and barometric pressure 740-750 mm Hg.

Results: Evaluation of subjective rating between rages “mild warm-comfort” or “comfort-coolness” and quantitative low heat storage in the body indicates good performance of the ATCS over a wide range of the MR in maintaining thermal neutrality for the subject without any sense of profuse perspiration. When MR varied from 1-2 Kcal/min at the rest to maximal MR 8-10 kcal/min the BT increased from 34,9-35,7°C to 37,0-37,3°C, and total sweat evaporation was 75-230 grams per hour

Conclusions: Measurements of metabolic rate effectively initiated controller response as a linear following to MR automatic system. The ATCS proved very capable for various transient metabolic states, steady-state thermal conditions and inter-subject thermal sensation differences.

Метод численного решения нелинейной задачи формообразования зонтичной антенны, состоящей из гибких радиальных стержней, соединенных растяжимыми тросовыми элементами

Русских С.В., Нагорнов А.Ю., Шавня Р.А.
МАИ, г. Москва

Рассматривается численный метод решения нелинейной задачи формообразования раскрываемой многозвенной циклически симметричной космической антенны зонтичного типа, образованной из гибких радиальных стержней, каждый из которых связан с другими по параллелям с помощью растяжимых тросовых элементов. В начальном недеформированном состоянии стержни находятся в прямолинейном выпрямленном положении, а тросовые элементы не растянуты. Ставится следующая задача статики:

подобрать жесткостные параметры тросовых элементов таким образом, чтобы после изгиба стержней и растяжении тросов антенна в конечном деформированном состоянии приняла заданную форму, например, параболоида вращения.

Жесткостные параметры тросов, которые должны обеспечивать заданную форму антенны, определяются исходя из значений радиальных реакций в узлах крепления их к стержням. Продольно-поперечный изгиб гибких нерастяжимых стержней рассматривается в нелинейной постановке в квадратичном приближении. Уравнения статики составляются на основе принципа возможных перемещений с определением потенциальной энергии продольно-поперечного изгиба стержня и вариации работы продольных сил. В эти уравнения входят неизвестные реакции в тросах, откуда находятся потребные их жесткости.

Система разрешающих уравнений сводится к системе нелинейных алгебраических уравнений, которая решается методом последовательных приближений с помощью стандартной программы в одной из систем компьютерной алгебры. Для этого она записывается в матричном виде для векторов, представляющих перемещения и углы поворота сечений стержней.

Выполнены примеры расчета по подбору жесткостных параметров тросовых элементов при вариации различных геометрических параметров антенны, например, количества радиальных стержней или их длин.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 18-38-00300 мол_а).

The method of numerical solution of the nonlinear problem of shaping an umbrella antenna consisting of flexible radial rods connected by tensile cable elements

Russkikh S.V., Nagornov A.Y., Shavnya R.A.
MAI, Moscow

We consider a numerical method for solving the nonlinear problem of the formation of an open multi-link, cyclically symmetric space antenna of the umbrella type formed from flexible radial rods, each of which is connected to others along parallels by means of tensile cable elements. In the initial undeformed state, the rods are in straight rectilinear position, and the rope elements are not stretched. The following static problem is posed: to select the stiffness parameters of the cable elements in such a way that after the bending of the rods and the extension of the cables, the antenna in the final deformed state assumes a predetermined shape, for example, of a paraboloid of revolution.

The rigid parameters of the cables, which must provide the given shape of the antenna, are determined on the basis of the values of the radial reactions at the nodes of fixing them to the rods. The longitudinal-transverse bending of flexible inextensible rods is considered in a nonlinear formulation in the quadratic approximation. The equations of statics are compiled on the basis of the principle of possible displacements with the determination of the potential energy of the longitudinal-transverse bending of the rod and the variation of the work of the longitudinal forces. These equations include unknown reactions in the cables, from which the rigidity required is found.

The system of resolving equations reduces to a system of nonlinear algebraic equations, which is solved by the method of successive approximations using a standard program in one of the systems of computer algebra. To do this, it is written in a matrix form for vectors representing the displacements and angles of rotation of the rod sections.

Examples of calculations for the selection of stiffness parameters of cable elements are performed with variations of various geometric parameters of the antenna, for example, the number of radial rods or their lengths.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project code 18-38-00300 mol_a).

Проектирование тепловой защиты космического аппарата с учетом структуры высокопористого ячеистого материала

Салосина М.О.
МАИ, г. Москва

Высокопористые ячеистые материалы обладают большими потенциальными возможностями для изготовления высокотемпературной теплоизоляции космических аппаратов, функционирующих в условиях экстремальных тепловых нагрузок. Материалы обладают высокой жесткостью, достаточной прочностью в диапазоне рабочих температур, малой плотностью, невысокой теплопроводностью.

Теплофизические характеристики высокопористых ячеистых материалов зависят от многих факторов: температуры, условий эксплуатации, свойств материала, образующего высокопористую структуру, геометрических параметров структуры, свойств исходного сырья, технологии производства материала. Данное обстоятельство дает возможность в процессе производства управлять свойствами получаемых высокопористых ячеистых материалов в достаточно широком диапазоне, создавая материалы с заранее заданными свойствами, имеющие оптимальную для конкретных условий эксплуатации структуру.

В работе рассматривается метод оптимального проектирования многослойной тепловой защиты с учетом морфологии высокопористых ячеистых материалов. В отличие от традиционной задачи теплового проектирования, подразумевающей определение толщин слоев многослойной тепловой изоляции, обеспечивающих требуемые рабочие температуры на границах слоев и минимальную массу системы, в данной работе наряду с толщинами слоев определяются пористость и диаметр ячейки высокопористого ячеистого материала.

Радиационно-кондуктивный теплообмен в слое высокопористого материала описывается с использованием аналитических моделей, представленных в литературе. Корректность используемой математической модели теплообмена проверяется путем сравнения результатов математического моделирования с доступными экспериментальными данными.

Для решения оптимизационной задачи используется алгоритм, основанный на методе спроектированного Лагранжиана с квадратичной подзадачей.

В качестве примера использования разработанного алгоритма и соответствующего программного обеспечения, рассматривается задача выбора оптимальных толщин слоев многослойного теплозащитного экрана солнечного зонда совместно с диаметром ячейки и пористостью высокопористого ячеистого углеродного материала одного из слоев.

Разработанный метод может быть использован при решении широкого круга прикладных задач, включающих проектирование перспективных систем тепловой защиты космических аппаратов, функционирующих в условиях экстремальных тепловых воздействий, в том числе солнечных и планетарных зондов.

Design of thermal protection for space vehicle considering the open-cell foam morphology

Salosina M.O.
MAI, Moscow

High porous open-cell materials have great potential for manufacturing high-temperature thermal insulation of space vehicles operating under conditions of extreme thermal loads. Materials have sufficient strength in the operating temperature range, low density and low thermal conductivity.

The thermophysical properties of highly porous open-cell materials depend on many factors: temperature, operating conditions, base material properties, morphology, properties of the raw material, and fabrication technology. This implies possibility to create open-cell materials with desirable properties, optimal for specific applications.

The paper presents a methodology for optimal design of multilayer thermal insulation based on high porosity open cell carbon foam, taking into account the dependence of thermal properties

on the foam's morphology. The innovative part of the work lies in determination of cell diameter and porosity of foam together with thickness of layers for multi-layer thermal insulation, ensuring required operational temperature on the boundaries of layers and minimum of total mass of system.

Radiation-conductive heat transfer in a layer of highly porous material is described using analytical models presented in the literature. To verify the capabilities of the mathematical model of heat transfer in open cell foam insulation, predicted thermal conductivity and volumetric heat capacity have been compared with data obtained through thermal tests of real carbon foam samples.

The optimization problem is solved using the algorithm based on the projected Lagrangian method with the quadratic subproblem.

To illustrate the implementation of the developed algorithm and the corresponding software, the problem of choosing of the optimal layer thicknesses for the multilayer heat shield of the solar probe together with the porosity and cell diameter of high-porous open-cell carbon foam, forming one of the layers, is considered.

Determination of the optimal morphology parameters of high-porous open-cell material along with the thicknesses of layers for multi-layer thermal insulation allows obtaining an additional weight advantage of thermal insulation.

The developed method is applicable without modification for solving a wide range of thermal design problems including the design of advanced thermal protection systems for spacecrafts operating under conditions of extreme thermal loads, including solar and planetary probes.

Расчет диффузионно-конвективного массопереноса в обратноосмотическом модуле системы регенерации воды для космической станции

Сальников Н.А., Бобе Л.С.

НИИхиммаш, г. Москва

Для повышения комфорта пребывания экипажа при длительных космических полетах и на планетных базах предполагается ввести в состав систем водообеспечения средства для проведения водных процедур и стирки. При этом для возвращения использованной воды в цикл водообеспечения необходимо введение системы регенерации санитарно-гигиенической воды (СРВ-СГ).

Среди методов регенерации санитарно-гигиенической воды, реализуемых в условиях микрогравитации, можно выделить фильтрование с последующей сорбционной очисткой, мембранные методы, вакуумную дистилляцию. Для проведения водных процедур и стирки предполагается применение общепринятых моющих средств. Проведенные исследования показали, что наиболее перспективным методом регенерации воды является обратный осмос, который позволяет проводить очистку воды от органических и минеральных веществ до необходимых значений. Особый интерес для применения на борту представляет низконапорный обратный осмос с рабочим давлением процесса 0,7-1,3 МПа.

Исследования показали возможность достижения степени извлечения чистой воды 97% при рабочем давлении 0,8 МПа. В этом случае в связи с высокой концентрацией примесей и относительно малой движущей силой процесса принципиальна оценка влияния концентрационной поляризации на производительность аппарата. Проведение расчетов с использованием теории расширенной аналогии между массообменном и теплообменом позволило выявить степень проявления концентрационной поляризации в канале рулонного обратноосмотического модуля при использовании моющего средства «Адажио». Выявлено образование адсорбционного слоя компонентов моющего средства на поверхности мембраны, которое приводит к снижению движущей силы процесса обратноосмотической очистки. Проведенные исследования позволили разработать методику расчета производительности обратноосмотического аппарата при очистке воды от органических моющих средств, которая учитывает концентрационную поляризацию и особенности взаимодействия очищаемой жидкости с мембраной.

В докладе рассмотрено применение теории расширенной аналогии между массообменном и теплообменом к расчету диффузионно-конвективного массообмена в напорном канале обратноосмотического аппарата. Расчетно-экспериментально подтверждено предположение об образовании сорбционного слоя растворенных веществ на поверхности мембраны, представлена методика расчета производительности аппарата обратноосмотической очистки.

Diffusion-convective mass transfer calculation in reverse osmosis module of the hygiene water processing system for a space station

Salnikov N.A., Bobe L.S.
NIIchimmash, Moscow

To increase the comfort of the crew's stay during long space flights and on planetary bases the sanitary and hygienic facilities are intended to be added to the complex of water supply systems. To return the used water to the water supply cycle, it is necessary to introduce a hygiene water processing system.

There are several methods of hygiene water processing that can be realized in microgravity. Among them are filtration with subsequent sorption purification, membrane methods, vacuum distillation. It is supposed to use common detergents for carrying out water procedures and washing. The researches have shown that reverse osmosis is the most promising water processing method that allows to purify water from organic and mineral substances to the required values. Low-pressure reverse osmosis with a process pressure of 0.7-1.3 MPa is of a particular interest for use on board.

Studies have shown the possibility of achieving a purified water recovery rate of 97% at an operating pressure of 0.8 MPa. In this case, in connection with the high concentration of impurities and the relatively small driving force of the process, it is principally important to evaluate the effect of concentration polarization on the productivity of the apparatus. Carrying out calculations using the theory of an extended analogy between mass transfer and heat transfer made it possible to find out the intensity of concentration polarization in the channel of a reverse osmosis module while using the "Adagio" detergent. The formation of an adsorption layer of the detergent components on the membrane surface, which leads to the decrease in the driving force of the reverse osmosis process, has been revealed. The conducted researches made it possible to develop the reverse osmosis apparatus flow rate calculation methodology for water purification from organic detergents, that takes into account the concentration polarization and the interaction of the liquid being purified with the membrane.

The paper considers the application of the theory of an extended analogy between mass transfer and heat transfer to the calculation of the diffusion-convective mass transfer in the pressurised channel of a reverse osmosis apparatus.

The assumption of the dissolved substances sorption layer formation on the membrane surface is confirmed experimentally and from the calculation. The flow rate calculation methodology for reverse osmosis apparatus is presented.

Исследование преимуществ и недостатков российского спутника связи двойного назначения «Меридиан»

Самошкина Д.Д., Пронина П.Ф.
МАИ, г. Москва

Система спутниковой связи и вещания РФ играет важную роль в выполнении государственных задач по обеспечению качественной цифровой связью всего населения России. Долгосрочное развитие системы спутниковой связи (ССС) должно осуществляться с учетом достоинств и недостатков существующих ССС, а также ориентироваться на вопросы связанные с гонкой вооружений в космосе и проблемой засорения космических орбит.

ССС «Меридиан» относятся к космическим аппаратам двойного назначения, рассчитаны на 7 лет и предназначены для обеспечения связи морских судов и самолетов

ледовой разведки в районе Северного морского пути. Разрабатывался с целью замены спутниковой системы связи серии «Молния 1», «Парус» и «Циклон-Б. Космический комплекс "Меридиан" предназначен для обеспечения высшего политического руководства ССС и решения других задач спутниковой связи в интересах видов и родов ВС РФ.

Данный спутник изготавливается на платформе, частично унифицированной с платформой навигационных КА «Глонасс-М», поэтому некоторые системы «Меридиана» и «Глонасс-М» общие. Для установки полезной нагрузки спутник имеет в своем составе герметичный приборно-агрегатный отсек. Кроме того «Меридиан» имеет трёхосную систему ориентации: продольная ось аппарата направлена к центру Земли, а две трёхсекционные панели солнечных батарей мощностью 3 кВт имеют одноосную ориентацию на Солнце. Такая система облегчает наведение крупногабаритных антенн спутника, а также позволяет поместить радиатор системы терморегулирования на его теневой стороне. Ориентация в пространстве обеспечивается маховиками и электромагнитными исполнительными органами и двигателями малой тяги на гидразине (масса заправки — 25 кг.).

Всего было создано семь ССС, пять из которых успешно были выведены на свои орбиты в период 2006 – 2014 годов. В 2018 году Минобороны РФ потребовалось закупить спутники «Меридиан» из-за «проблем с космическими аппаратами нового поколения». Был подписан контракт на четыре ССС, причем первый аппарат планируется запустить в 2018 г, но это временное решение, поскольку военные нуждаются в надежной связи на всей территории Арктики, а эти аппараты не справляются с задачей в полной мере.

В настоящее время данные спутники являются одними из лучших аппаратов двойного назначения, и, вполне возможно, что в ближайшее время конструкторы смогут либо усовершенствовать данный спутник, либо изобрести новый спутник третьего поколения, который заменит «Меридианы» и сможет обеспечить более высокий уровень связи.

Research of advantages and shortcomings of the Russian communication satellite of dual purpose "Meridian"

Samoshkina D.D., Pronina P.F.
MAI, Moscow

The satellite communication system of the Russian Federation plays an important role in realization of national objectives of providing all population of Russia with high-quality digital communication. Long-term development of the satellite communication system (SCS) has to be carried out taking into account merits and demerits existing SCS and also be guided by questions the bound to a race of arms in space and a problem of contamination of space orbits.

The Meridian satellites fall into to spacecrafts of dual purpose, they are calculated on 7 years and intended for ensuring communication of sea vessels and planes of ice investigation near the Northern Sea Route. The communication satellites "Meridian" were developed for the purpose of replacement of satellite communication systems of the Lightning 1, "Sail" and "Tsiklon-B". The space Meridian complex is intended for providing the highest political country leaders with satellite communication.

"Meridian" is made on the platform which is partially unified with the platform of navigation KA "Glonass-M" therefore some systems of "Meridian" and "Glonass-M" common. The satellite incorporates pressure-tight instrument and modular compartment for useful load installation. It has the triaxial navigation system, which facilitates guidance of large-size antennas of the satellite and also allows to place a radiator of system of thermal regulation on its shady side. Orientation in space is provided with flywheels and electromagnetic executive bodies and engines of small draft on a hydrazine.

In total it was created by seven SCS, five of which were successfully put to the orbits during 2006 - 2014. In 2018 the Russian Defense Ministry was required to buy the Meridian satellites because of "problems with spacecrafts of new generation". The contract for four SCS was signed, and the first device is planned to start in 2018, but this temporary solution as military need a

reliable communication in all territory of the Arctic, and these devices do not cope with a task fully.

Now the given satellites are one of the best devices of dual purpose, and, it is quite possible that in the nearest future designers will be able to improve this satellite or to invent the new satellite of the third generation which will replace "Meridians" and will be able to provide more high level of communication.

Формирование требований к угловой защите аппаратов от космического мусора

Селезнёва Д.А.
МАИ, г. Москва

В работе изучается проблема защиты космического аппарата от техногенных объектов на орбите. Основным предметом исследования являются направления подлёта частиц космического мусора к активному космическому аппарату. Изучается относительное движение орбитальных объектов с различными наклонениями орбит. Показаны наиболее вероятные направления подлёта частиц к защищаемой конструкции.

Объектом исследования является космический аппарат и окружающее его орбитальное облако частиц и фрагментов космического мусора. Предмет исследования - опасные и наиболее вероятные направления подлёта частиц к космическому аппарату. Цель работы заключается в определении наиболее вероятных и наиболее опасных направлений подлёта техногенных частиц. Эти направления требуется защитить особенно надёжно для обеспечения нормальных условий функционирования космического средства и его обеспечивающих систем.

Задача решается на основе принципа Галилея для сложения скоростей. Относительное движение фрагмента космического мусора и аппарата изучается аналитически посредством векторной алгебры и геометрии, а также иллюстрируется моделями из повседневной жизни.

В работе показано, что орбитальные объекты могут столкнуться со скоростью, величина которой изменяется от нулевой до удвоенной первой космической. При этом теоретически возможно пересечение орбит под углами от нуля до 180 градусов. Однако на практике с учётом особенностей истории освоения космического пространства и реального засорения низких околоземных орбит встречные удары объектов практически невозможны. Точно также углы подлёта частиц космического мусора к активному космическому аппарату изменяются в пределах от нуля до 90 градусов. Прямой угол подлёта частиц является предельным, скорость удара при таком угле будет нулевой. Это означает, что боковую поверхность космического аппарата не нужно защищать от орбитальных техногенных объектов. Точно также нет смысла располагать защитные экраны позади конструкции, потому что никакой орбитальный объект не может двигаться со скоростью больше круговой на заданной высоте. Лобовые удары космических аппаратов маловероятны, практически пока не могут иметь места из-за использования прямой схемы выведения спутников на околоземные орбиты. Такие схемы предполагают использование скорости вращения Земли и требуют меньшего количества топлива для ракеты-носителя.

Formation of requirements for angular protection of spacecraft against space debris

Selezneva D.A.
MAI, Moscow

The paper studies the problem of spacecraft protection from man-made objects in orbit. The main subject of the study is the direction of the approach of debris particles to the active spacecraft. The relative motion of orbital objects with different orbital inclinations is studied. Shows the most probable direction of approach of the particles to the structure to be protected.

The object of the study is the spacecraft and its surrounding orbital cloud of particles and fragments of space debris. The subject of the research is dangerous and the most probable directions of particle approach to the spacecraft. The aim of the work is to determine the most

probable and most dangerous directions of technogenic particles approach. These areas you want to protect is particularly reliable to ensure normal conditions for the functioning of space systems and supporting systems.

The problem is solved on the basis of the Galilean principle for the addition of velocities. The relative motion of the fragment of space debris and of the device is studied analytically by means of vector algebra and geometry, and is illustrated by the patterns of everyday life.

It is shown that orbital objects can collide with the velocity, the value of which varies from zero to twice the first space. It is theoretically possible to cross orbits at angles from zero to 180 degrees. However, in practice, taking into account the peculiarities of the history of space exploration and the actual clogging of low earth orbits, counter-impacts of objects are almost impossible. Similarly, the angles of approach of debris particles to an active spacecraft vary from zero to 90 degrees. The right angle of approach of particles is the limit, the impact velocity at this angle will be zero. This means that the side surface of the spacecraft does not need to be protected from orbital man-made objects. Similarly, it makes no sense to place shields behind the structure, because no orbital object can move at a speed greater than circular at a given height. Frontal impacts of spacecraft are unlikely, almost can not yet take place due to the use of a direct scheme of launching satellites into near-earth orbits. Such schemes involve the use of The earth's rotation speed and require less fuel for the launch vehicle.

Особенности эксплуатации ракетоносителей

Сельцова С.А., Бабешкина Е.Н.
МАИ, г. Москва

Эксплуатация ракетоносителей – одна из самых ответственных и важных частей в жизненном цикле. Она подразумевает не только запуск ракет с полезной нагрузкой в космос и отслеживание ее пути и параметров на орбите, но и весь длительный этап подготовки на поверхности Земли.

В своем докладе мы бы хотели поподробнее остановиться на особенностях основных этапов наземной эксплуатации, а именно:

1. Приведение в готовность к применению;
2. Поддержание в готовности;
3. Применение по назначению;
4. Техническое обслуживание;
5. Хранение и ремонт; и т.д.

Каждый этап сложен и трудоемок и содержит свои задачи, которые осуществляются выполнением различных мероприятий.

Отдельно хочется упомянуть про транспортировку ракетоносителя до космодрома. Этот процесс опасен по нагрузкам для ракеты больше, чем ее полет, поэтому после доставки ракеты к месту размещения комплекса нужно:

• Проверить на отсутствие повреждений при транспортировке;
• Произвести сборку всех составляющих ракеты;
• Провести проверку на нагрузку, схожую с нагрузкой в полете.

Также существует немало эксплуатационных требований, которые относятся к сборке ступеней ракетоносителя и к космодрому, с которого будет совершаться запуск. Температура, влажность, время приведения в готовность являются ключевыми параметрами этих технических требований.

Эксплуатация - очень опасный процесс подготовки. В любой момент при неправильных действиях или при несоблюдении правил и требований последствия могут быть плачевными. Поэтому мы должны с особой серьезностью следить за выполнением всех тех этапов, которые связаны с летной и наземной эксплуатацией для обеспечения безопасности.

Operation features of launch vehicle

Seltsova S.A., Babeshkina E.N.
MAI, Moscow

The operation of launch vehicles is one of the most crucial and important parts in the life cycle. It implies not only the launching of rockets with payload into space and tracing its path and parameters in orbit, but also the entire long stage of preparation on the surface of the Earth.

In our report, we would like to dwell in more detail on the features of the main stages of ground operation, namely:

1. Alerting to use;
2. Keep in readiness;
3. Proper use;
4. Maintenance;
5. Storage and repair; etc.

Each stage is complex and time-consuming and contains its tasks, which are carried out by the implementation of various activities.

Separately, I would like to mention the transportation of the launch vehicle to the cosmodrome. This process is dangerous for the rocket load more than its flight, so after delivery of the rocket to the location of the complex, it is necessary:

• check for damage during transportation;
• Assemble all components of the rocket;
• Test for a load similar to the load in flight.

There are also a lot of operational requirements that relate to the assembly of the stages of the launch vehicle and to the launching site from which the launch will be launched. Temperature, humidity, and readiness time are key parameters in all cases, due to incorrect actions or failure to follow the rules and requirements, the consequences can be disastrous. Therefore, we must strictly follow the implementation of all those stages that are associated with flight and ground operations to ensure security.

Моделирование квазиспутниковой орбиты Фобоса

Сергеев С.И.
МАИ, г. Москва

В докладе представлена реализация аппаратно-программного моделирования движения космического аппарата (КА) на квазиспутниковой орбите (КСО) Фобоса.

Неправильная фигура Фобоса, которая известна только по нескольким снимкам, определяет трудность задачи автономной навигации КА. Такие КА находятся с Фобосом в орбитальном резонансе, при этом, динамическая обстановка вблизи Фобоса определяется близостью массивного Марса, вследствие чего относительное движение в окрестности Фобоса достаточно сложно. Неоднородность гравитационных полей проявляется в том, что центры масс КА и Фобоса находятся в разных точках внешнего поля, и вектора напряженности в этих двух точках различны. Кроме того, размеры Фобоса не столь малы по сравнению с расстоянием его от Марса, чтобы считать его точечной массой. Он притягивается к Марсу несколько иначе, чем материальная точка. В то же время для КА, который на 4 порядка меньше Фобоса, этот эффект ничтожен. Таким образом, даже если бы центры масс Фобоса и КА совпадали, их ускорения к Марсу все равно были бы разными. Квазиспутниковые орбиты допускают длительное пассивное удержание КА вблизи Фобоса при условии отсутствия тесных с ним сближений. При сближениях с Фобосом до расстояний менее 50 км КСО испытывают сильные возмущения, вызванные неравномерностью гравитационного потенциала, при этом информация о поле и о либрационном движении Фобоса очень ограниченна.

Для реализации подхода модельно-ориентированного проектирования необходимо создание качественной модели, достаточно точно описывающей такое сложное поведение как квазиспутниковая орбита Фобоса. Аппаратно-программное моделирование может быть использовано в качестве инструмента проектирования для более быстрого и

эффективного тестирования динамических воздействий на систему, такие как возмущения в зависимости от вариаций гармоник гравитационного потенциала. Использование вычислительных ускорителей позволяет реализовать достаточно сложную модель в реальном времени, с шагом, соответствующем шагу бортового вычислителя КА.

Modeling of Phobos quasisatellite orbit

Sergeev S.I.
MAI, Moscow

Realization of hardware-software modeling of the movement of the spacecraft in a quasisatellite orbit (QSO) of Phobos is presented in the report.

The wrong figure of Phobos, which is known only from several photographs, determines the difficulty of the task of autonomous navigation of spacecraft. Such spacecraft are with Phobos in orbital resonance, while the dynamic situation near Phobos is determined by the proximity of massive Mars, as a result of which the relative motion in the neighborhood of Phobos is rather difficult. The inhomogeneity of gravitational fields is shown that the centers of masses of spacecraft and Phobos are at different points of the external field, and the stress vectors at these two points are different. In addition, the size of Phobos is not so small compared to its distance from Mars, to consider it a point mass. It is attracted to Mars somewhat differently from the material point. At the same time, for a spacecraft that is 4 orders of magnitude smaller than Phobos, this effect is negligible. Thus, even if the centers of mass of Phobos and spacecraft coincided, their acceleration to Mars would still be different. Quasisatellite orbits allow long-term passive retention of spacecraft near Phobos, provided there are no close encounters with it. When approaching Phobos to distances less than 50 km of QSO experience the strong indignations caused by unevenness of gravitational potential, while information about the field and the libration movement of Phobos is very limited.

To implement the model-oriented design approach, it is necessary to create a qualitative model that accurately describes such complex behavior as the quasisatellite orbit of Phobos. Hardware-software simulation can be used as a design tool for more rapid and effective testing of dynamic effects on the system, such as disturbances depending on the variations of the gravitational potential harmonics. The use of computational accelerators makes it possible to realize complex model in real time, with a step corresponding to the step of the spacecraft computer.

Влияние электромагнитного излучения на человека в районе АО «МАШ»

Сиренко А.И.
МАИ, г. Москва

Из многочисленных источников известно, что электромагнитное излучение вызывает у человека генную мутацию, за счёт которой возрастает вероятность возникновения онкологических заболеваний, а также нарушений нормальной электрофизиологии человеческого организма, что может вызывать тахикардию, головные боли и бессонницу.

При многократном вредоносном вообще действии излучения электромагнитного поля приобретают накопительный эффект, а также вызываю различные офтальмологические заболевания. У детей и подростков могут быть причиной торможения роста костного материала, а также нарушения трансмембранного потока ионов кальция.

Поэтому целью наших исследований было выявление источников электромагнитного излучения в районе АО «МАШ» и их влияние на человека.

Электромагнитное из излучение- это колебание электрических и магнитных полей, распространяющихся в мировом пространстве со скоростью света. В настоящее время это один из наиболее мощных факторов негативного влияния на окружающую среду и живых существ из-за непрерывного воздействия и стремительного роста. Причем при интенсивности более 10мВТ/ см3 возникают тепловые эффекты, однако малая доля электромагнитных излучений необходима для нормального функционирования организма человека.

В настоящее время наиболее распространенным заболеванием у населения Земли от электромагнитных источников (30-50%) являются болезни сердечно-сосудистой и кровеносной системы, а именно инфаркт миокарда, инсульт, астеросклкроз, тромбоз и т.д.

Экологическая оценка электромагнитной обстановки в районе АО «МАШ» начинается с учета радиоизлучаемых источников, их технических характеристик, а также места расположения, продолжительности работы излучателя и др.

Нами было выяснено, что источником электромагнитного излучения в районе аэропорта Шереметьево является многочисленное радиотехническое оборудование, это: ближние и дальние приводные радиомаяки, курсовой радиомаяк, глиссодный радиомаяк, радиолокационная система посадки, контрольно-диспетчерский пункт.

Объекты РСП аэродромов имеют наибольшую зону электромагнитного излучения. Однако действие посадочных радиолокаторов направлено вдоль линии вылета -посадки около 15 градусов. Поэтому создаваемые поля электромагнитного излучения в аэропорту Шереметьево не оказывают сильного вот действия на население.

При помощи нашего портативного прибора в течение месяца производилось измерение электромагнитного излучения в аэропорту Шереметьево по его периметру и в терминалах.

Influence of electromagnetic radiation on a person in the area of JSC "MASH"

Sirenko A.I.
MAI, Moscow

It is known from numerous sources that electromagnetic radiation causes a gene mutation in a man, which increases the likelihood of oncological diseases, as well as violations of the normal electrophysiology of the human body, which can cause tachycardia, headaches and insomnia.

With multiple harmful effects of electromagnetic radiation in general, they accumulate a cumulative effect, and also cause various ophthalmologic diseases. Children and adolescents can cause inhibition of bone growth, as well as disruption of the transmembrane flow of calcium ions.

Therefore, the purpose of our studies was to identify sources of electromagnetic radiation in the area of JSC "MASH" and their impact on humans.

Electromagnetic radiation is the vibration of electric and magnetic fields propagating in the world space at the speed of light. Currently, this is one of the most powerful factors of negative impact on the environment and living beings due to continuous impact and rapid growth. And at an intensity of more than 10 mW / cm3, thermal effects occur, but a small fraction of electromagnetic radiation is necessary for the normal functioning of the human body.

Currently, the most common disease in the world's population from electromagnetic sources (30-50%) are diseases of the cardiovascular and circulatory system, namely myocardial infarction, stroke, asterioscrokes, thrombosis, etc.

Environmental assessment of the electromagnetic environment in the area of JSC "MASH" begins with the account of radio-emitted sources, their technical characteristics, as well as the location, duration of the radiator, etc.

We found out that the source of electromagnetic radiation in the vicinity of Sheremetyevo Airport is a large number of radio technical equipment, such as: near and far driving radio beacons, course radio beacon, glide line beacon, radar landing system, control and dispatching station.

The objects of air traffic control stations have the largest zone of electromagnetic radiation. However, the action of the landing radars is directed along the line of departure-landing at about 15 degrees. Therefore, the created fields of electromagnetic radiation at Sheremetyevo Airport do not exert a strong effect on the population.

With the help of our portable device, the measurement of electromagnetic radiation at the Sheremetyevo Airport at its perimeter and in terminals was performed within a month.

Верификация моделирования динамических процессов в сопровождение полета долговременных орбитальных станций

Стец А.А.
ЦНИИмаш, г. Королёв

Современные долговременные орбитальные станции (ДОС), такие как «Мир» или Международная космическая станция, состоящие из набора модулей, представляют собой сложные разветвленные механические конструкции, изменяющиеся в процессе орбитального строительства. В процессе эксплуатации конструкция ДОС подвергается различным механическим воздействиям, таким как стыковки к станции кораблей и модулей, работа реактивных двигателей для управления ориентацией и коррекций орбиты, тренировки космонавтов на физических тренажерах.

Адекватное моделирование динамических откликов конструкции ДОС на эти воздействия необходимо для безопасной эксплуатации станции – контроля фактических эксплуатационных значений нагрузок на модули и элементы станции, а также расчетной оценки израсходованного прочностного ресурса станции.

Корректность моделирования динамических процессов, при отлаженном программно-математическом обеспечении, зависит от соответствия массово-жесткостных характеристик расчетной модели параметрам реальной станции, а также от соответствия расчетных и фактических внешних воздействий.

Показано, что сопоставление измеренного отклика конструкции ДОС, в частности, замера ускорений, на известное динамическое воздействие – с расчетным откликом позволяет установить степень корректности моделирования динамических процессов, а также, в ряде случаев, уточнить параметры внешнего воздействия.

Приведены сравнения записей ускорений датчиками АЛО и ИМУ российского сегмента МКС, а также системами IWIS и SDMS американского сегмента Международной космической станции с расчетными ускорениями в точках установки соответствующих датчиков при динамических операциях в 2016–2017 годах. Внешнее воздействие задавалось в соответствии с силовыми контактными функциями при стыковках и циклограммами работы реактивных двигателей при коррекциях орбиты и управлении ориентацией.

На основе сопоставительного анализа расчетных и измеренных ускорений при динамических операциях, проводившихся в 2016–2017 годах, показано хорошее соответствие расчетного моделирования реальному процессу при использовании точных данных о внешних воздействиях. При использовании в качестве внешнего воздействия силовых функций, приближенно отражающих особенности реального процесса, – например, стыковочных силовых контактных функций, полученных посредством математического моделирования, показана степень достоверности достаточная для получения расчетной оценки расходования прочностного ресурса конструкции станции.

The verification of dynamic operations simulation in maintenance of the space stations

Stets A.A.
TsNIIMash, Korolev

Modern orbital stations comprised of several modules such as “Mir” or the International Space Station are complicated and branchy mechanical constructions, which are changing during orbital assembly. The orbital station structure is exposed to force loads during space flight because of on-orbit dynamic operations performed such as docking of ships and modules, thrusters firing during reboosts and attitude control operations, crew exercises and other on-board activity.

Correct and accurate simulation of dynamic operations is necessary for orbital station maintenance and safety as it makes possible to provide the control of actual dynamic loads on station structure. Also it makes possible to estimate the amount of the structure fatigue resource consumed as an essential part of a station lifetime.

If the simulation software is well-tested and debugged then the correctness of the dynamic operation simulation depends on matching the masses, stiffnesses and damping of the orbital station model and the real structure. In addition, accuracy of simulation depends on parameters of external loads used in the simulation.

It is shown that in case of determined mechanical load the comparison analysis of calculated and measured response (In this article the accelerations of several nodes of construction stand for response) of the orbital station structure nodes may result in measure of accuracy of the dynamic operation simulation. In several cases it also leads to updating the parameters of the external loads.

Accelerations were measured in 2016–2017 by ALO and IMU sensors in Russian segment of the ISS and SDMS and IWIS systems of American segment. These accelerations were compared with calculated response of the ISS structure. External forces were created according docking force functions and thrusters timelines during reboosts and attitude control.

The comparison of measured and calculated accelerations shows that mathematical simulation is correct enough if information about external forces is precise. If external forces are determined approximately – as a product of another mathematical simulation like docking force functions then simulation of dynamic operations is correct enough to get an estimation of the structure fatigue resource consumed.

К вопросу о структуре медицинского контроля будущих лунных экспедиций

Строгонова Л.Б., Гардунтьо Р.А.
МАИ, г. Москва

Медицинский контроль (МК) выполняется согласно патогенетическом принципе, который ориентирован на выявление и диагностику наиболее вероятных прогнозируемых состояний и заболеваний, где проводится плановые скрининговые обследования, индивидуализация диагностических обследований и коррекция программы обследований в зависимости от состояния членов экипажа. Также проводится оценка изменений функций организма с учетом адекватности условиям среды (преемственность проведения обследований на всех этапах подготовки к полету, в полете и после его завершения), где получение информационно-анамнестический анализ, предусматривающий использование информации, содержащейся в базе данных и позже конфиденциальность результатов медицинских обследований.

Для МК лунных пилотируемых экспедиций решение необходимо принимать на Луне. Обеспечение внекорабельной деятельности (ВКД) включает МК в период, предшествующий этой деятельности, и непосредственно во время её выполнения. При подготовке к работе в открытом космосе МК имеет целью экспертную оценку готовности космонавтов по состоянию здоровья к ВКД и включает: пробу с ручной велоэргометрией за 8-12 дней до ВКД и стандартную функциональную пробу с физической нагрузкой на велоэргометре за 6-8 дней до ВКД. В день выхода осуществляется регистрация электрокардиографии в грудном биполярном отведении DS (ЭКГDS) в покое, измерение артериального давления и температуры тела. Врач экипажа получает информацию о самочувствии и о готовности космонавтов к выходу по состоянию здоровья. Для лунных пилотируемых экспедиций к этой системе добавляется СППР для космонавта и врача экипажа. Также потребуется создание новых систем регистрации медицинской информации.

Периодические углубленные медицинские обследования (УМО), также являющиеся частью ПОК применительно к длительным полетам включают обследования сердечнососудистой (в покое и при функциональных нагрузках) и мышечной систем, оценку эффективности физических тренировок, антропометрические измерения, проведение биохимических анализов крови, клинических анализов крови и мочи и иммунологических исследований.

Указанные виды медицинских обследований, проводимые в интересах диагностики, используются также для получения научной медицинской информации и являются

составной частью программы медицинских исследований в длительных космических полётах (ДКП). В свою очередь, результаты медицинских исследований, не включенных в штатную программу медицинского контроля, также используются в диагностических целях.

To the question of the structure of medical control of future lunar expeditions

Strogonova L.B., Garduno R.A.
MAI, Moscow

Medical control (MC) is performed according to the pathogenetic principle, which is focused on the identification and diagnosis of the most probable predicted conditions and diseases, where scheduled screening examinations, individualization of diagnostic examinations and correction of the examination program depending on the condition of the crew members are carried out. Also, the assessment of changes in body functions taking into account the adequacy of environmental conditions (continuity of surveys at all stages of preparation for the flight, in flight and after its completion), where obtaining information and anamnestic analysis, involving the use of information contained in the database and later the confidentiality of the results of medical examinations.

For the medical control of lunar manned expeditions, the decision must be made on the moon. The provision of extravehicular activity (EVA) includes the MC in the period preceding this activity and directly during its implementation. In preparation for work in outer space, the MC aims to provide an expert assessment of cosmonauts ' health readiness for EVA and includes: a test with manual Bicycle ergometry 8-12 days before EVA and a standard functional test with physical activity on a Bicycle Ergometer 6-8 days before EVA. On the day of release, registration of electrocardiography in the thoracic bipolar lead DS (ECGDS) at rest, measurement of blood pressure and body temperature. The crew doctor receives information about the health and readiness of astronauts to leave for health reasons. For lunar manned expeditions, a DSS for the cosmonaut and the crew doctor is added to this system. Will also require the creation of new systems of registration of medical information.

In the periodic detailed medical examinations (PDME), which are also part of the PAC for long-term flights, include examinations of the cardiovascular (at rest and under functional loads) and muscular systems, evaluation of the effectiveness of physical training, anthropometric measurements, biochemical blood tests, clinical blood and urine tests and immunological studies.

These types of medical surveys, in the interests of diagnosis, are also used to provide scientific health information and are an integral part of a program of medical research in long-term space flights. In turn, the results of medical research, not included in the regular program of medical control, are also used for diagnostic purposes.

Оценка времени видимости КА системы «Гонец» из акваторий северных морей

Тарасов С.Е.
ТУСУР, г. Томск

Арктика – стратегически важный регион для России. Для мониторинга экологической обстановки в акватории северных морей, разведки месторождений полезных ископаемых, а также для охраны границ ведутся разработки подводных беспилотных аппаратов, которые получили название глайдеры.

Эти беспилотные роботы могут выполнять исследовательскую работу в океане в течение месяца без обслуживания, либо вести разведывательную деятельность.

Для обеспечения связи с этими аппаратами с целью получения оперативных данных об обстановке, в силу специфики работы глайдеров предложено использовать космическую систему связи «Гонец». Данная система предоставляет услуги подвижной спутниковой связи. Данная система не гарантирует постоянной передачи данных, в районах отдаленных от Северного Полюса.

Целью работы является анализ видимости КА из акватории северных морей на основе моделирования движения группировки системы «Гонец».

В ходе исследований была смоделирована группировка КА системы «Гонец» в программе STK 10.2. Рассчитывалось время видимости КА из нескольких точек расположенных в акваториях Северного Ледовитого Океана и северных частях Атлантики и Тихого Океана. Результатами моделирования являются массивы данных, включающий в себя расстояние от точки наблюдения до всех КА, угол места наблюдаемых КА и их азимут в течение суток с шагом одна минута.

В результате моделирования установлено, что для угла видимости КА три градуса, относительно горизонта, устойчива связь наблюдается в течение 78 – 93 процентов времени. Для десяти градусов от 50 до 73 процентов времени. Для двадцати градусов от 28 до 46 процентов времени. Для тридцати градусов от 17 до 32 процентов времени.

Estimation of time of visibility of spacecraft of the “Gonets” system from the waters of the northern seas

Tarasov S.E.
TUSUR, Tomsk

The Arctic is a strategically important region for Russia. Undersea unmanned aerial vehicles, called gliders, are being developed to monitor the ecological situation in the northern seas, the exploration of mineral deposits, and also to protect the borders.

These unmanned robots can perform research work in the ocean for a month without maintenance, or conduct intelligence activities.

To ensure communication with these devices in order to obtain operational data on the situation, due to the specifics of the gliders, it was proposed to use the Gonets space communications system. This system provides mobile satellite communications services. This system does not guarantee constant data transmission in areas remote from the North Pole.

The aim of the work is to analyze the visibility of spacecraft from the waters of the northern seas based on modeling the movement of the Gonets system group.

In the course of the research, the group of spacecraft of the Gonets system in the STK 10.2 program was modeled. The time of spacecraft visibility was calculated from several points located in the Arctic Ocean and the northern parts of the Atlantic and the Pacific Ocean. The simulation results are arrays of data, including the distance from the observation point to all spacecraft, the elevation angle of the observed spacecraft and their azimuth during the day in increments of one minute.

As a result of the simulation, it was found that for the angle of visibility of a spacecraft three degrees, relative to the horizon, a stable relationship is observed for 78–93 percent of the time. For ten degrees from 50 to 73 percent of the time. For twenty degrees from 28 to 46 percent of the time. For thirty degrees from 17 to 32 percent of the time.

Разработка предложений по созданию системы спасения боковых блоков первой ступени ракеты-носителя

Уваров Д.К., Сытин Д.И.
МАИ, г. Москва

В настоящее время применяемые технические средства по обеспечению многоразовости использования ракетных ступеней и ракетных блоков (в том числе, боковых блоков ракет-носителей) и их возвращению к месту старта являются достаточно затратными, дорогостоящими и трудно реализуемыми. Применение хорошо и надежно отработанных парашютных тормозных систем позволит снизить затраты и заметно увеличить полезную нагрузку ракет-носителей.

Целью выполненной работы является изучение возможности использования менее затратных альтернативных вариантов по спасению боковых блоков первой ступени ракеты-носителя, в частности, ракет-носителей «Союз-2.1а» и «Союз-ФГ».

В работе рассматривается возможность применения парашютной тормозной системы в качестве альтернативного варианта по сравнению с разработанной в США системой для спасения использованной ступени ракеты-носителя «Falcon-9».

Выполненная работа состоит из нескольких этапов:

1. Оценка массовых характеристик системы на основе проведения прочностных расчетов для основных силовых элементов конструкций первой ступени при срабатывании парашютной тормозной системы.

2. Выбор рациональных конструкционных материалов для парашютной системы с учетом действующих нагрузок и внешних факторов.

3. Разработка вариантов рациональных конструктивно-компоновочных и конструктивно-силовых схем с учетом внесенных в конструкцию изменений.

Проведены расчеты технико-экономической эффективности при реализации проекта.

По результатам проведенной работы представлены выводы о возможности создания и применения системы возврата боковых блоков первой ступени ракеты-носителя рассматриваемым способом, предложены варианты реализации и описаны экономические преимущества.

Development of proposals for the creation of a system to save the side blocks of the first stage of the launch vehicle

Uvarov D.K., Sytin D.I.
MAI, Moscow

At present, the technical means used to ensure the multiple use of rocket stages and rocket blocks (including the side blocks of launch vehicles) and their return to the launch site are quite costly, expensive and difficult to implement. The use of well-tested and reliable parachute brake systems will reduce costs and significantly increase the payload of the launch vehicles.

The aim of the work performed is to study the possibility of using less costly alternatives to rescue the side blocks of the first stage of the launch vehicle, in particular, the Soyuz-2.1a and Soyuz-FG launch vehicles.

The paper considers the possibility of using the parachute brake system as an alternative option compared to the system developed in the USA for rescuing the used stage of the Falcon-9 launch vehicle.

The work performed consists of several stages:

1. Assessment of the mass characteristics of the system based on the strength calculations for the main strength elements of the first stage structures when the parachute braking system is triggered.

2. The choice of rational structural materials for the parachute system, taking into account the actual loads and external factors.

3. Development of options for rational design-layout and structural-power circuits, taking into account the changes made to the design.

The calculations of technical and economic efficiency in the implementation of the project.

Based on the results of this work, conclusions are presented on the feasibility of creating and using the return system of side blocks of the first stage of the launch vehicle using this method, implementation options are proposed, and economic advantages are described.

Система тепловой диагностики для определения углового положения космического аппарата на основе обратных задач теплообмена

Чебаков Е.В.
МАИ, г. Москва

В последнее время количество разрабатываемых малых космических аппаратов (МКА) значительно увеличилось. С каждым годом тенденция их запусков на орбиту будет также расти. Это обстоятельство, во-первых, связано с расширением спектра решаемых задач, которые могут выполнять аппараты данного класса. Во-вторых, с их преимуществами по сравнению с космическими аппаратами, которые значительно больше по габаритам, массе и стоимости разработки.

Для выполнения ряда фундаментальных исследований требуется знание углового положения космического аппарата. Как правило, определение углового положения МКА

осуществляется традиционными способами: с помощью датчиков угловых скоростей, магнитометров или даже солнечных батарей. Другим подходом для определения углового положения космического аппарата может служить система тепловой диагностики, основанная на обратных задачах теплообмена. Предложенная система тепловой диагностики для определения ориентации аппарата в космическом пространстве имеет достоинства, но не лишена недостатков. К достоинствам можно отнести высокую надежность системы и большой угол обзора датчиков (в зависимости от формы аппарата и конструкции датчика), а также небольшое энергопотребление. Основной недостаток данной системы — отраженные тепловые потоки. Они зависят от формы аппарата или непрогнозируемых факторов и поэтому могут повлиять на точность определения углового положения аппарата. Данная система может применятся на МКА в качестве основной или комбинированной.

Чтобы определить ориентацию космического аппарата в космическом пространстве относительно Солнца и планеты по результатам анализа внешнего теплового воздействия, нужно решить две обратные задачи теплообмена. Первая — оценка радиационных потоков, которые падают на элементы поверхности аппарата, по внутренним температурным измерениям с помощью датчиков радиационных тепловых потоков (ДРТП). Вторая — определение углового положения КА по полученным значениям тепловых потоков.

Цель данного исследования — решить вторую обратную задачу и разработать датчики радиационных тепловых потоков.

В работе проведены расчеты по определению углового положения КА и приведены некоторые конструкторские решения при проектировании датчика радиационных тепловых потоков для малых космических аппаратов. Результаты моделирования показывают достаточную численную эффективность предложенного алгоритма.

The thermal diagnostic system for determining the angular orientation of the satellite based on inverse problems

Chebakov E.V.
MAI, Moscow

Recently, the number of small satellites has significantly increased. The trend for their launches into orbit will grow every year. Firstly, this circumstance is associated with the expansion of the range of tasks that can be performed by small satellites. Secondly, it is connected with the advantages that they have in comparison with satellites, which are much larger in size, weight and cost of development.

To carry out a number of fundamental studies the angular orientation of the spacecraft is required. The attitude determination is determined by traditional methods, carried out with the help of angular velocity sensors, magnetometers and sun sensors. Another approach to determining the orientation of a spacecraft uses a thermal diagnostics system based on inverse problems. This system has advantages and limitations. The advantages include high reliability and a large viewing angle of sensors (depending on the shape of the satellite and the design of the sensor), as well as low power consumption. The main limitation of this system is the reflected heat flux. It depends on the shape of the satellite or unpredictable factors and therefore can affect the accuracy of determining the angular position of the vehicle. This system can be set on small satellites as the main system or combined with another orientation system.

To retrieve the angular orientation of a spacecraft two inverse problems must be solved. The first one is the estimation of heat fluxes absorbed by spacecraft surface. The second one is the determination of angles of orientation based on the estimated values of radiative heat fluxes.

The purpose of this study is to solve the second inverse problem and to develop radiation heat flux sensor.

In this research the calculations to determine the angular position of the spacecraft are made. The design solutions of the radiation heat flux sensor for small vehicles are presented. The simulation results show a sufficient numerical efficiency of the proposed algorithm.

Разработка учебно-практического комплекса по изучению искусственных спутников Земли

Черданцева Е.Д., Майгуров М.В., Лукьянов С.Д., Хамадов Р.Р.
МАИ, г. Москва

На протяжении уже многих десятилетий отрасль космонавтики является одной из важнейших составляющих в жизни государства, именно поэтому существует необходимость в ее развитии. Одной из проблем развития космической отрасли является подготовка грамотных специалистов в области проектирования, испытаний и эксплуатации ракетно-космических систем.

Выполнение различных задач в космосе осуществляется за счет использования искусственных спутников Земли. Необходимо учесть, что с приходом популярности запусков объектов в космос частными компаниями, растет и потребность в дополнительном, более глубоком, обучении студентов, которое бы включало в себя не только теоретическую составляющую, но также и практическую. На данный момент обнаруживается недостаток наглядных пособий, интерактивного взаимодействия с объектом и современных обучающих моделей. Вследствие этого можно сформулировать и цель проекта: предоставление качественных и легкодоступных обучающего оборудования, которое позволит углубить знания современных студентов в отрасли космонавтики.

Проект состоит в разработке имитатора-тренажера искусственного спутника дистанционного зондирования Земли. Основная цель- предоставление обучающего набора в качестве учебного пособия для студентов факультетов аэрокосмического направления в ВУЗах. Данный набор, включает в себя модель спутника ДЗЗ, основные модули спутника ДЗЗ и вспомогательное оборудование и позволяет осуществлять проведение лабораторных работ по практической фотосъемке стенда с имитатором Земли.

Обучающий набор состоит из нескольких модулей, каждый из которых является отдельным прибором.

В ходе работы над научно-исследовательским проектом были получены результаты, удовлетворяющие заданной цели. Ситуация, сложившаяся на рынке, позволяет вывести проект на стадию учебного использования для углубленного изучения устройства искусственных спутников Земли.

Данный проект имеет множество достоинств по сравнению с уже имеющимися образцами искусственных спутников Земли, которые можно оценить по следующим основным критериям применения оборудования в обучении:

- Компактность
- Интерактивность
- Доступность учебных материалов
- Вариативность использования в различных научных исследованиях
- Возможность одновременной работы нескольких групп студентов
- Осуществление различных показательных мероприятий
- Многократность использования
- Стоимость
- Приближенность к реальным ИСЗ

Также существует возможность в последующем усовершенствовании набора по созданию имитатора-тренажера спутника ДЗЗ.

The development of a training and practical complex for studying the artificial Earth satellites

Cherdantseva E.D., Maygurov M.V., Lukyanov S.D., Hamadov R.R.
MAI, Moscow

For the decades the cosmonautics industry is one of the most important components in the state’s life, that’s why there is a development necessity exists. One of the problems of the cosmonautics industry development is the preparation the literate specialists in the rocket-space system design, testing and exploitation field.

The performing various tasks in the cosmos is carried out through the usage of the artificial earth satellites. It should be taken into account that the satellites launched by the private companies becoming popular and that's why the additional and deeper student training need increases. It has to include the theoretical and practical components. Nowadays there is a lack of the visual aids, interaction with the object and the modern training models. Consequently we can formulate the goal of the project: the provision the high quality and easy accessible training materials to allow to deepen knowledge of the modern students in the cosmonautics industry.

The project consists in the development the artificial earth satellite. The most important goal of the project is the provision the training kits as an educational tutorial for the students of the aerospace direction.

The training kit consists of some modules, each of which is the separate device.

In the course of work on the research project there were get results, satisfying the goal. The situation on the market allows to get the project to the mass using stage for the deeper studying the spacecraft device.

In the conclusion it should be noted that the project has the quantity advantages comparing with the available rocket-space systems samples in the universities. These advantages can be estimated by the main criteria of the application the kit in the education:

• The compactness
• The interactivity
• The accessibility of training materials
• The variability of using in the different researches
• The possibility simultaneous working the several groups of students
• The implementation the various demonstrative events
• The multiple using
• The price
• The proximity to the natural crafts

There is a possibility of the further artificial earth satellite kit improvement.

Использование гидроэнергетических устройств в составных частях изделий РКК

Шакишева Л.Г.
МАИ, г. Байконур

Альтернативный источник энергии — способ, устройство или сооружение, с помощью которого получают электрическую энергию (или другой требуемый вид энергии) и заменяющий собой традиционные источники энергии. Цель поиска альтернативных источников энергии — потребность получать её из энергии возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений.

Предлагаются способы внедрения и проектирования гидроэнергетических устройств, которые могут быть использованы в составных частях изделий РКК. Это в перспективе может помочь в создании инновационных гидроэнергетических изделий и улучшении методов выработки энергии в космическом пространстве, а также дальнейших исследованиях в области альтернативной энергетики.

Основными задачами исследования могут быть:

1) Сравнение существующих гидротурбин по массо-габаритным и мощностным признакам, по расположению их вала, а также по конструктивным особенностям.

2) Анализ преимуществ и недостатков полученных экспериментальных данных, а также их синтез.

Использование данных устройств может снизить трудоемкость изготовления, упростить конструкцию при сохранении высокого КПД и позволит преобразовать энергии малых потоков жидкости с небольшими расходами и напорами в электроэнергию. Их использование вполне целесообразно, например, в топливных магистралях для уменьшения нагрузки на основную питающую энергосеть РН, особенно в периоды пикового потребления.

В результате исследования и анализа факторов, препятствующих использованию гидроэнергетических устройств, могут быть сформированы данные о возможности развития гидроэнергетики в космической деятельности. А также оценены дальнейшие перспективы разработки и внедрения гидротурбин в целях получения альтернативной и дополнительной энергии не только в космосе, но и в других отраслях машиностроения.

Use of hydropower units in the component parts products of rocket and space complex

Shakisheva L.G.
MAI, Baykonur

An alternative source of energy - a method, apparatus or structure by which electrical energy is obtained (or other desired form of energy) and replacing a conventional energy sources. The goal of the search for alternative energy sources - the need to obtain it from renewable energy or virtually inexhaustible natural resources and phenomena.

The ways of implementation and design hydroelectric devices that may be used in the component parts RCM products. It has the potential to help in the creation of innovative products and improving hydropower energy production methods in outer space, as well as further research in the field of alternative energy.

The main objectives of the study are:

1) Comparison of existing hydro turbines on weight and size and power characteristics, the arrangement of the shaft, as well as design features.

2) Analysis of the advantages and disadvantages of the experimental data, as well as their synthesis.

Using these devices may reduce manufacturing complexity, simplify the structure while maintaining high efficiency and allow to convert the energy of small liquid flows with slight flow and head into electricity. Their use is quite useful, for example, in the fuel lines to reduce the load on the mains power grid of space craft, especially during periods of peak demand.

The study and analysis of obstacles to the use of hydropower devices can be formed data on the possibility of hydropower development in space activities. And to assess the future prospects for the development and implementation of water turbines in order to generate alternative and additional energy not only in space, but also in other branches of engineering.

Анализ перспективных систем обеспечения теплового режима космических аппаратов с использованием тепловых аккумуляторов

Шангин И.А.
МАИ, г. Москва

Система обеспечения теплового режима (СОТР) является сложной, глубоко интегрированной с космическим аппаратом (КА) системой, для анализа и проектирования которой применяются методы системотехники. Одним из решений, позволяющее уменьшить массовые характеристики СОТР, является использование теплового аккумулятора. Поглощая тепло, тепловые аккумуляторы предохраняют приборные отсеки аппарата от перегрева, а отдавая его, предохраняют аппарат от переохлаждения, чем обеспечивается работа аппаратуры в заданных температурных пределах. Так же тепловой аккумулятор может выполнять роль демпфера при кратковременных тепловых нагрузках, которые возникают за счет тепловыделения приборов во время сеансов связи или во время проведения научных измерений.

Развитие СОТР КА зависит от решаемых задач, места в космосе, где эти задачи будут решаться и от времени пребывания вне Земли. По задачам СОТР можно сгруппировать в транспортные, для доставки космонавтов с Земли к месту работ и обратно на Землю; орбитальные, для орбитальных станций; экспедиционные, для экспедиций, удалённых от Земли (на Марс, Луну, Венеру, астероиды). Отдельно рассматривается вопрос обеспечения теплового режима планетарных баз.

Тепловые аккумуляторы наиболее целесообразны, когда аппарат находится под действием циклически изменяющихся внешних и внутренних тепловых потоков,

имеющих место либо на теневой орбите любой из планет Солнечной системы, либо на поверхности самих планет и их спутников. Аккумуляторы накапливают тепловую энергию на участке освещенной Солнцем, и отдают ее, когда аппарат попадает в тень планеты.

При разработке лунной программы принцип аккумулирования тепла планировался использовать для обеспечения теплового режима лунных аппаратов. При этом предполагалось сглаживание температуры лунной поверхности вокруг аппарата в течении лунных суток путем прикрытия участка лунной поверхности тепловой изоляцией. Объект и лунный грунт, расположенный под теплоизоляционным покрытием, представляют в этом случае единую теплоаккумулирующую систему.

Аккумулирование тепла может происходить на основе нескольких физических принципов. Это использование теплоемкости массы конструкции, использование скрытой теплоты фазового перехода, использование обратимых реакций, реагенты которых базируются на плотности жидкой и твердой фаз,, а так же физические процессы сорбции (десорбции).

Analysis of promising systems for ensuring the thermal regime of spacecraft using heat accumulators

Shangin I.A.
MAI, Moscow

The system of providing the thermal regime (SOT) is a complex, deeply integrated with the spacecraft (SC) system, for the analysis and design of which the methods of system engineering are used. One of the solutions to reduce the mass characteristics of the cell IS the use of a heat accumulator. Absorbing heat, heat accumulators protect instrument compartments of the device from overheating, and giving it, protect the device from overcooling, which ensures the operation of the equipment within the specified temperature limits. Also, the heat accumulator can serve as a damper for short-term thermal loads that occur due to the heat dissipation of devices during communication sessions or during scientific measurements.

The development of SATELLITES depends on the tasks to be solved, the place in space where these tasks will be solved and the time spent outside the Earth. According to the tasks of the SATELLITES can be grouped into transport, to deliver astronauts from Earth to the place of work and back to Earth; orbital, for orbital stations; expeditionary, for expeditions remote from Earth (to Mars, the moon, Venus, asteroids). The issue of providing the thermal regime of planetary bases is considered separately.

Heat accumulators are most expedient when the device is under the influence of cyclically changing external and internal heat fluxes taking place either on a shadow orbit of any of planets of Solar system, or on a surface of planets and their satellites. The batteries accumulate the heat energy at the site illuminated by the Sun, and give it when the camera gets into the shadow of the planet.

During the development of the lunar program, the principle of heat storage was planned to be used to ensure the thermal regime of lunar vehicles. It was supposed to smooth the temperature of the lunar surface around the device during the lunar day by covering the area of the lunar surface with thermal insulation. The object and the lunar soil, located under the thermal insulation coating, are in this case a single heat storage system.

Heat accumulation can occur on the basis of several physical principles. This is the use of the heat capacity of the mass of the structure, the use of latent heat of the phase transition, the use of reversible reactions, the reagents of which are based on the density of the liquid and solid phases, as well as physical processes of sorption (desorption).

Проведение испытаний изделий РКК на базе Специального Конструкторско-Технологического Бюро Космической Техники

Шаукенова К.С., Абильдаева К.Ж.
МАИ, г. Байконур

На сегодняшний день развитие космической отрасли для Республики Казахстан является актуальным и перспективным направлением. Существуют стратегические и госпрограммы для разработки данного направления отрасли. Для реализации данных программ в Национальном космическом центре, находящемся в г. Астане Республики Казахстан, было создано сооружение Специального Конструкторско-Технологического Бюро Космической Техники (СКТБ КТ) для производства изделий космического значения.

Формирование современной научно-исследовательской и испытательной наземной инфраструктуры, может обеспечить реализацию проектных работ, производство комплектующих и наземной вспомогательной аппаратуры для функционирования спутников различного класса. Оборудование и производственные участки могут быть использованы для интеграции полезных нагрузок различного назначения с платформами космических аппаратов и дальнейших испытаний.

В настоящий момент завершен проект работ по созданию космической системы научно-технического назначения для отработки технологического проектирования, сборки и испытания КА, осуществление исследований и зондирование ионосферы Земли.

На базе СКТБ КТ предлагается использовать имитатор космического пространства для осуществления термовакуумных испытаний. Для проведения таких испытаний и других космических экспериментов предлагаемый имитатор может быть оснащен следующим современным оборудованием:

- Криовакуумные и турбомолекулярные насосы;
- Криогенные структуры азотного, водородного и гелиевого уровня температур;
- Системы анализа состояния поверхности исследуемых объектов;
- Средства имитации радиационного фона и потоков космических частиц;
- Инфракрасные и ультрафиолетовые – спектрометры.

Использование предлагаемого имитатора космического пространства даст возможность максимально снизить себестоимость проводимых экспериментов (не привлекая сторонние организации и предприятия), увеличить их результативность и эффективность планируемых в космосе экспериментов, предоставляя возможность внесения корректив, в полетную программу проводя только те эксперименты, которые невозможно с имитировать на Земле и, тем самым, снизить риск и стоимость неудач.

В конечном счете, при осуществлении программы СКТБ КТ в Республике Казахстан будет сформировано собственное высокотехнологическое предприятие, позволяющее проводить большой объем работ по проектированию, изготовлению комплектующих, сборке и испытанию космических аппаратов.

Conducting tests of RKK products on the basis of the Special Design and Technological Bureau of Space Technology

Shaukenova K.S., Abildayeva K.Z.
MAI, Baykonur

To date, the development of the space industry for the Republic of Kazakhstan is an actual and promising direction. There are strategic and state programs for the development of this branch of the industry. To implement these programs in the National Space Center, located in Astana, the Republic of Kazakhstan, the construction of the Special Design and Technological Bureau of Space Technology (SKTB CT) for the production of products of cosmic significance was created.

The formation of modern research and testing ground infrastructure, can ensure the implementation of design work, the production of components and ground support equipment for the operation of satellites of various classes. Equipment and production sites can be used to integrate payloads for various purposes with spacecraft platforms and further testing.

At the moment, the project for the creation of a space system for scientific and technical purposes for testing the design, assembly and testing of spacecraft, research and sounding of the Earth's ionosphere has been completed.

On the basis of SKTB CT it is proposed to use a space simulator to perform thermovacuum tests. For carrying out such tests and other space experiments, the proposed simulator can be equipped with the following modern equipment:

• Cryovacuum and turbomolecular pumps;
• Cryogenic structures of nitrogen, hydrogen and helium temperature levels;
• Systems for analyzing the state of the surface of the objects under study;
• Means for simulating the radiation background and cosmic-particle fluxes;
• Infrared and ultraviolet - spectrometers.

The use of the proposed space simulator will make it possible to reduce the cost of the experiments as much as possible (without involving third-party organizations and enterprises), increase their effectiveness and efficiency of experiments planned in space, providing the possibility of making adjustments to the flight program by conducting only those experiments that can not be imitated on Earth and, thereby, reduce the risk and cost of failures.

Ultimately, when implementing the SCTB CT program in the Republic of Kazakhstan, its own high-tech enterprise will be formed, allowing a large amount of work on designing, manufacturing components, assembling and testing spacecraft.

Предложения по разработке лунной базы двумодульного типа

Шереметова М.М., Ромашко А.С., Губкина А.С.
МАИ, г. Москва

Луна является наиболее близким к Земле крупным небесным телом и перспективным объектом для проведения исследований. За последний период времени существенно возрос интерес к анализу возможных направлений развития исследований Луны. В качестве основных этапов рассматриваются:

• Проведение спусков на поверхность Луны космических аппаратов (на начальных этапах автоматических лунных посадочных станций), выполняющих исследования в интересах последующего освоения лунных ресурсов;

• Размещение на низкой окололунной орбите обитаемой лунной орбитальной станции, состоящей из одного или нескольких модулей;

• Обеспечение систематической доставки космических экипажей на лунную орбитальную станцию и создание соответствующей транспортной инфраструктуры;

• Выполнение на борту лунной орбитальной станции научно-исследовательских программ работ экспедициями посещения;

• Обеспечение работы на поверхности Луны робототехнических комплексов;

• Рассмотрение вариантов размещения на поверхности Луны обитаемой луной базы.

Целью выполненной работы является разработка предложений по формированию инфраструктуры лунной базы начального этапа. Актуальность данной работы заключается в том, что на текущий момент способы освоения поверхности Луны и лунных ресурсов не рассмотрены в полном объеме.

Были рассмотрены следующие задачи:

1) Определение рациональной структуры и состава лунной базы. Разработаны предложения по составу бортовых систем модулей лунной базы.

2) Рассмотрены возможности улучшения защиты экипажа. Разработаны способы развертывания дополнительной защиты экипажа лунной базы для защиты от воздействии неблагоприятных факторов окололунного космического пространства.

3) Разработаны предложения по обеспечению перемещения космонавтов при выполнении работ на объектах лунной базы.

Разработаны предложения по формированию лунной базы двумодульного типа, включающей в себя жилой модуль (ЖМ) и универсальный защитный модуль (УЗМ).

Разработаны способы адаптации жилого модуля и универсального защитного модуля к условиям эксплуатации на поверхности Луны.

В ближайшем будущем разработанные и освоенные технологии будут являться базовыми для дальнейшего изучения и освоения космического пространства.

The development of a habitable lunar base of two-module type

Sheremetova M.M., Romashko A.S., Gubkina A.S.
MAI, Moscow

The moon is the largest celestial body closest to Earth and a promising object for research. Over the recent period of time, interest in analyzing possible directions for the development of Moon research has increased significantly. The main stages are:

• Carrying out descents to the lunar surface of spacecraft (in the initial stages, automatic lunar landing stations), carrying out research in the interests of the subsequent development of lunar resources;

• Accommodation in a low circumlunar orbit of a habitable lunar orbital station consisting of one or several modules;

• Ensuring the systematic delivery of space crews to the lunar orbital station and the creation of appropriate transport infrastructure;

• Carrying out research programs of visiting crews on board the lunar orbital station;

• Providing work on the lunar surface of the robotic complexes;

• Consideration of options for accommodation on the surface of the moon habitable moon base.

The purpose of the work performed is the development of proposals for the formation of the infrastructure of the lunar base of the initial stage. The relevance of this work lies in the fact that currently the methods of mastering the lunar surface and lunar resources are not considered in it's full potential.

The following tasks were considered:

1) Determination of the rational structure and composition of the lunar base. Developed proposals for the composition of the onboard systems modules of the lunar base.

2) Opportunities were considered to improve the protection of the crew. Methods have been developed for the deployment of additional protection for the crew of the lunar base to protect against the effects of the adverse factors of near-moon space.

3) Proposals have been developed to ensure the astronaut's ability to move around when working at lunar base facilities.

Developed proposals for the formation of the lunar base of the two-module type, which includes a residential module (RM) and a universal protection module (UPM).

Methods have been developed for adapting the residential module and the universal protection module to the operating conditions on the lunar surface.

In the near future, the developed and mastered technologies will be the basis for further study and exploration of outer space.

Анализ ракетоносителей сверхтяжелого класса на примере Н-1 и Сатурн-5

Шубина М.А., Кузавлева В.Ю., Гапанькова Е.С., Егорова А.В.
МАИ, г. Москва

Ракетоносители сверхтяжелого класса до сих пор не потеряли свою актуальность, сейчас их все более развивают, и они хорошо держат свои позиции. Но нельзя все делать, не опираясь по опыт прошлого, и особенно не учитывая ошибки, которые были допущены.

Существуют различные ракетоносители, но мне хотелось бы рассмотреть Сатур-5 и Н-1. Эти ракеты вошли в свою эксплуатацию почти одновременно в районе 60-х годов прошлого столетия. Н-1 выполнялась еще в советское время, руководил ее разработкой Королев, а потом Мишин. Сначала ее цель была: вывоз тяжелой орбитальной станции. И интересная перспектива состояла в сборке корабля для полета на Марс и Венеру. Но все-таки решено было использовать ракетоноситель совсем для другой цели, а именно для

участия в лунной гонке. К сожалению, все 4 запуска были неудачны. Что послужило такому провалу? Возможно, это была огромная первая ступень. По сравнению с Сатурн-5, Н-1 имела 5 ступеней, расположенных по последовательной схеме. Все ступени имели кислородно-керосиновые двигатели. В Сатурн-5 было всего 3 ступени, на всех использовался жидкий кислород как окислитель. Топливом для первом ступени послужил керосин, а для второй и третьей - жидкий водород.

Сатурн-5 – это американская ракетоноситель, одна из самых мощнейших на данное время. Также участвовала в «лунной гонке». 15 удачных запусков. В 1969 она помогла осуществить первую удачную посадку на луну, и также для выведения на околоземную орбиту станции Скайлэб. До Сатурн-5 прошли 4 полноценных ракеты, каждой была поставлена свою задача. И когда окончательно все было решено, то назвали ракету Сатурн-5.

В результате сравнительного анализа было установлено, что актуальность именно этих разработок ушла в данное время. Ракета-носитель Н-1 была не очень технологична с очень большой 1 ступенью, все ее 4 пуска были неудачны. У Сатурн-5 было 15 пусков и все успешны, американская ракета-носитель была более технологична, хотя количество ступеней было примерно одинаково. В основном двигатели были кислородно-керосиновые. Число двигателей составляло примерное одинаковое количество, что в Сатурн-5, что в Н-1 на каждой ступени.

Analysis of launch vehicles of the superheavy class for the example of N-1 and Saturn-5

Shubina M.A., Kuzavleva V.Y., Gapankova E.S., Egorova A.V.
MAI, Moscow

The rockets of the superheavy class have not lost their relevance, they are being developed more and they are holding their positions well. But you can not do everything without relying on the experience of the past, and especially not taking into account the mistakes that were made.

There are various launch vehicles, but I would like to consider Satur-5 and H-1. These missiles entered service almost simultaneously in the area of the 60s of the last century. N-1 was carried out back in Soviet times, supervised its development by Korolev, and then by Mishin. At first its purpose was: export of a heavy orbital station. And an interesting prospect was to assemble the ship for a flight to Mars and Venus. But it was decided to use the launch vehicle for another purpose, namely, to participate in the lunar race. Unfortunately, all 4 starts were unsuccessful. What caused such a failure? Perhaps it was a huge first step. In comparison with Saturn-5, H-1 had 5 stages, arranged in a sequential scheme. All stages had oxygen-kerosene engines. In Saturn-5 there were only 3 steps, all used liquid oxygen as an oxidizer. Fuel for the first stage was kerosene, and for the second and third - liquid hydrogen.

Saturn-5 is an American launch vehicle, one of the most powerful at the time. Also participated in the "lunar race". 15 successful starts. In 1969, it helped to make the first successful landing on the moon, and also to bring Skylab into Earth orbit. Before Saturn-5 passed four full-fledged missiles, each was assigned its task. And when everything was finally decided, they called the Saturn-5 missile.

As a result of the comparative analysis, it was established that the relevance of these developments was left at this time. The H-1 booster was not very technological with a very large 1 stage, all its 4 launches were unsuccessful. Saturn-5 had 15 launches and all are successful, the American launch vehicle was more technologically advanced, although the number of stages was approximately the same. In general, the engines were oxygen-kerosene. The number of engines was approximately the same number as in Saturn-5, which is in H-1 at each step.

Конструкции экранной защиты космического аппарата от космического мусора

Ярилов П.А.
МАИ, г. Москва

Сегодня в космическом пространстве образуется большое количество осколков космического мусора техногенного происхождения, что представляет серьезную угрозу

безопасности автоматических и пилотируемых космических аппаратов. Угрозу представляют также и метеорные частицы, приходящие из дальнего космоса. Следовательно, проблема повышения эффективности и снижения массы защитных элементов является задачей требующей своевременных решений.

В данной работе проведен анализ решений для защиты аппаратов по эффективности и массе защитных элементов.

Чтобы предотвратить воздействие космического мусора на аппараты применяют защитные экраны.

Для защиты от метеорных частиц используется устройство в виде сетчатого металлического экрана с изоляционным слоем, который расположен на расстоянии от корпуса, а на корпусе крепится диэлектрический экран с электропроводящим слоем. Между выносным экраном и корпусом создается разность потенциалов. Система преобразует кинетическую энергию частицы в кинетическую энергию потока осколков частицы и экрана, а также в тепловую энергию потока плазмы. Наличие защиты снижает пробивную способность частиц и увеличивает живучесть аппаратов. Но необходимость затрат электроэнергии, наличие оборудования и применение специального экрана усложняют конструкцию, ухудшают массовые характеристики.

От воздействия частиц космической среды применяется конструкция из металлической сетки. Экран выполнен из двух слоев сетки. Ячейки имеют многоугольную форму и сшиты проволокой. Данная конструкция экрана эффективна при использовании для защиты крупных элементов. Применение защиты для мелких элементов не обеспечивает достаточной эффективности.

Экран из гофрированной металлической сетки решает данную задачу. Он снабжен вторым слоем сетки с ориентацией гофров перпендикулярно ориентации гофров первого слоя. Такая конструкция экрана дает эффективную разбивку частиц на более мелкие и повышение защитных свойств при уменьшении массы.

Space shield shields from space debris

Yarilov P.A.
MAI, Moscow

Today, a large number of debris of space debris of technogenic origin is formed in outer space, which poses a serious threat to the safety of automatic and manned spacecraft. The threat is also presented by meteoric particles coming from distant space. Consequently, the problem of increasing efficiency and reducing the mass of protective elements is a task requiring timely solutions.

In this paper, an analysis of solutions to protect the apparatus in terms of efficiency and mass of protective elements is carried out.

To prevent the impact of space debris on the apparatus use protective screens.

To protect against meteoric particles, a device is used in the form of a mesh metal screen with an insulating layer that is located at a distance from the housing and a dielectric shield with an electrically conductive layer is attached to the housing. A difference of potential is created between the remote screen and the housing. The system converts the kinetic energy of the particle into the kinetic energy of the particle and screen fragments and also into the thermal energy of the plasma flow. The presence of protection reduces the penetration capacity of particles and increases the survivability of apparatus. But the need for energy costs, the availability of equipment and the use of a special screen complicate the design, worsen the mass characteristics.

From the effects of particles of the cosmic medium, a structure made of metal mesh is used. The screen is made of two layers of the grid. Cells are polygonal and wire-stitched. This screen design is effective when used to protect large items. The use of protection for small elements does not provide sufficient efficiency.

The screen made of corrugated metal mesh solves this problem. It is provided with a second grid layer with orientation of the corrugations perpendicular to the orientation of the corrugations

of the first layer. This design of the screen gives an effective breakdown of the particles into smaller ones and an increase in the protective properties with a decrease in mass.

6. Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

6. Robotics, Intelligent Systems and Aircraft Armament

Распознавание символов при помощи тематического моделирования

Алексеев А.И.
МАИ, г. Москва

Распознавание символов [1] является актуальной во многих сферах науки, включая анализ данных в области авиации. Довольно часто требуется обработать огромные массивы данных, и на это уходит много ресурсов. Решение этой задачи позволяет автоматизировать и оптимизировать многие информационные процессы.

В представленной работе рассматривается распознавание общей символики в технической документации [2] при помощи тематического моделирования. Постоянный рост объёмов технической документации к различному оборудованию и программному обеспечению приводит к необходимости создания сервисов, помогающих экспертам и пользователям решать разнообразные задачи, связанные с поиском, аннотированием, тегированием, интерпретацией и оцениванием.

Тематическое моделирование коллекции текстовых документов [3] позволяет определить к каким темам относится каждый документ и какие термины образуют каждую тему. Она также позволяет использовать поиск документов по схожей тематике по целому документу или фрагменту текста. При этом документы представляются векторами частот тем, а не отдельных слов. Векторами частот тем представляются также объекты, упоминаемые в документе - термины, авторы, годы публикации, институты, конференции что позволяет задавать в качестве запроса любой объект или их совокупность и искать по ним объекты схожей тематики.

Для этого составлена и размечена выборка данных, которая позволяет произвести анализ и дальнейшую категоризацию документов опираясь на эти данные. На основе текстов получены параметрические значения частоты встречи слов в одном предложении по семантике [4], а на данных вычислениях будет определяться математически мера для определения темы. Также это позволит распознать специфичные термины и позволит эффективно вести поиск по документу.

Литература:

1. Cordella L.P Symbol recognition in documents
2. Curtis A. L, Eugene A.K Method and apparatus for vectorising documents and symbol recognition
3. Воронцов К.В Вероятностное тематическое моделирование
4. Pelevina M, Arefyev N, Biemann C, Panchenko A Making Sense of Word Embeddings

Symbol recognition with topic model

Alexeev A.I.
MAI, Moscow

Symbol recognition [1] is relevant task in many areas of science, including data analysis in air. You often need to process huge amount of data arrays, which require a lot of resources. Solving this problem will let to automatize and optimize information operations.

The represented work is considering recognition of general symbols in technical documents [2] with topic model. The increasing amount of technical documents for various equipment, rigs and software leads to necessity of developing services that will help both experts and user to solve different objectives, connected with searching, annotating, tagging, interpretation and evaluating.

Topic model on streaming document collection will allow to define the document [3], special terms and set its topic. Also it let to use document search with same topic using whole text or just part of it. In this case documents are represented as a vectors of theme frequencies, not as a single word. Object that was mentioned in document, like terms, authors, date of publication, institutes, conferences, represented as well like frequencies embedding, that allow to set as a request any object or complex of them and look for object with same semantic in other texts.

For this task was composed and tagged data samples which will let to make analysis and further categorization of documents based on these records. The parametric values of word frequencies in one sentence is received relying on texts and then will be computed measure for topic defining [4]. Therefore such model will be able to recognize specific terms and increase the effectiveness of document search.

References:

1. Cordella L.P Symbol recognition in documents
2. Curtis A. L, Eugene A.K Method and apparatus for vectorising documents and symbol recognition
3. Vorontsov K.V Probabilistic Topic Model
4. Pelevina M, Arefyev N, Biemann C, Panchenko A Making Sense of Word Embeddings

Математическое моделирование быстродействующего электрогидравлического привода авиационного катапультного устройства

Алексеенков А.С., Беклемищев Ф.С.
МАИ, г. Москва

Рассматриваемое авиационное катапультное устройство (АКУ) включает в свой состав два быстродействующих электрогидравлических привода, получающих энергопитание от встроенного газо-гидравлического или пиро-гидравлического источника энергии (ИГЭ). Быстродействующий привод-толкатель (БПТ), в свою очередь, состоит из гидроцилиндра, перемещающего полезную нагрузку, электрогидравлического регулятора расхода, предназначенного для управления скоростью движения выходного звена и набора датчиков, необходимых для замыкания контура обратной связи и телеметрического сбора информации о состоянии БПТ.

Математическая модель БПТ в составе с ИГЭ разрабатывалась с целью выявления особенностей процессов, протекающих в гидравлических узлах АКУ и формирования общих подходов к замыканию контура управления и коррекции. Особенностью рассматриваемого БПТ, в том числе его математической модели, является применение в качестве регулятора расхода специального дискретного электрогидравлического клапана и его электронного блока, осуществляющего преобразование сигнала управления в двоичный код, необходимый для изменения состояния электромагнитов. Так, указанный выше дискретный регулятор расхода состоит из набора гидравлических дросселей, управляемых электромагнитами. Суммарная проводимость дросселей формируется как 2^(n-1), где n – номер дросселя, начиная с 1-го. В состав регулятора расхода входят также гидравлический дроссель предварительной настройки и предохранительный клапан.

Поток жидкости в толкающую полость гидроцилиндра поступает напрямую из источника гидравлической энергии одновременно с заданием команды на запуск. Управление скоростью движения осуществляется путем создания в тормозящей полости противодавления за счет изменения суммарной проводимости дросселей регулятора расхода.

К особенностям математической модели можно также отнести учет внешних условий, среди которых тип рабочей жидкости, температура рабочей жидкости, определяющая плотность жидкости, изменение коэффициента расхода в дросселях, а также задание величины действующей на объект управления внешней перегрузки. Обработка сигналов с датчиков, ровно как и формирование сигналов управления, осуществляется в модели цифрового электронного блока (ЭБУ).

Mathematical modeling of high-speed electrohydraulic actuator of aircraft catapult device

Alekseenkov A.S., Beklemishchev F.S.
MAI, Moscow

This paper contains the description of aircraft catapult device (ACD) that includes two fast-acting electro-hydraulic actuators that receives the power supplied from the built-in gas-hydraulic or piro-hydraulic energy sources (HES). The high-speed hydraulic actuator (HSHA), in turn, consists of a hydraulic cylinder that moves the payload, an electrohydraulic flow regulator designed to control the speed of the output link and a set of sensors that are necessary for the closed loop system and telemetric collection of information about the state of the HSHA.

A mathematical model of the HSHA was designed to identify the characteristics of the processes occurring in the hydraulic parts of ACD and the formation of common approaches to circuit control loop and correction loops. One of a feature of the considered HSHA is the use of a special discrete electrohydraulic valve and its electronic unit as a main flow regulator, which converts the control signal into a binary code that is necessary to change the state of the electromagnets. Thus, the above discrete flow regulator consists of a set of hydraulic orifices that are controlled by electromagnets. The total conductivity of valve is formed as 2^(n-1), where n is the number of the orifice starting from the 1st. The flow regulator also includes a hydraulic pre-set resistance and a safety (bypass) valve.

The flow of liquid into the piston cavity of the hydraulic cylinder comes directly from the source of hydraulic energy at the same time with the command to run. Speed control is carried out by creating a back-pressure in the rod cavity by changing the total conductivity of the flow regulator orifices.

The features of the mathematical model can also include the account of external conditions, including the type of the working fluid, the temperature of fluid, discharge coefficient in the hydraulic valves, etc. Processing of signals from sensors, as well as the formation of control signals, is carried out in the model of digital electronic unit (DECU).

Робототехника. Интеллектуальные системы в повседневной жизни

Баженова Н.Э.
МАИ, г. Москва

Информационные системы, современные гаджеты плотно вошли в повседневную жизнь каждого из нас. Они позволяют справиться с огромным потоком информации, упростить и ускорить выполнение сбора, анализа, сортировки большого объема данных. Это всевозможные банковские системы, переводчики, различные базы данных. Большим преимуществом информационных систем является возможность исключить, так называемый «человеческий фактор», уменьшить вероятность ошибки. Именно поэтому данная отрасль вызывает большой интерес у представителей разных сфер жизни.

Стремительное развитие науки в данной области открыло возможность для человека: использовать компьютер не только в качестве помощника, но и как эксперта в решении сложных вопросов. Крупные международные компании (IBM, Яндекс, DEC) и исследовательские университеты (Стэндфордский университет и др.) занимаются разработкой таких систем.

Экспертные системы нашли применение:

1) в диагностике: анализ неисправностей и выдача возможных нарушений;

2) в решении задач с большим числом переменных (задача Эйнштейна, производственные задачи);

3) в анализе информации (PROSPECTOR, HASP/SIAP);

4) в планировании различных процессов, результатов экспериментов;

5) в медицине (Dendral, Mycin).

Существуют системы, имеющие подобную тематику. Когнитивная система Watson обладает функцией точного глубокого анализа естественного языка, но сложность ее механизма и внушительная стоимость не дают широкого распространения в обычной жизни. Система Mycin, имеющая схожую идею, имеет сложный механизм работы и трудность обработки и хранения базы знаний, которые не позволили ей приобрести популярность. Существенным недостатком является требование мощного оборудования, что также исключает идею массового распространения.

На сегодняшний день проблема создания доступных, понятных интеллектуальных систем остается открытой. Развитие инновационных технологий дает большие перспективы усовершенствования этих систем. Именно поэтому данная тема интересует молодых ученых и специалистов по всему миру.

Robotics. Introduction of intellectual systems in everyday life

Bazhenova N.E.
MAI, Moscow

Information systems, modern gadgets have densely entered in everyday life of each of us. They allow to cope with a huge flow of information, to simplify and accelerate the performance of collecting, the analysis, sorting of a large volume of data. There are various banking systems, translators, various databases. A big advantage of information systems is an opportunity to exclude, a so-called «human factor», to reduce a probability of a mistake.

The rapid development of science in this field has opened an opportunity for the person to use the computer not only as the assistant but also as an expert in the solution of difficult questions. The large international companies (IBM, Yandex, DEC) and the research universities (Stanford University and others) are engaged in the development of such systems.

Expert systems have found application:

1) in diagnostics (the analysis of malfunctions and delivery of possible violations;

2) in the solution of tasks with a large number of variables;

3) in the analysis of information (PROSPECTOR, HASP/SIAP);

4) in planning of various processes, results of experiments;

5) in medicine (Dendral, Mycin).

The cognitive system Watson possesses the function of the exact deep analysis of a natural language, but the complexity of her mechanism and impressive cost do not give wide circulation in usual life. The Mycin system has the difficult mechanism of work and difficulty of processing and storage of the knowledge base have not allowed her to gain popularity. An essential shortcoming is the requirement of the powerful equipment that also excludes the idea of mass distribution.

Today the problem of creation of available, clear intellectual systems remains open. Development of innovative technologies gives the big perspective of improvement of these systems. For this reason, this topic interests young scientists and specialists worldwide.

Моделирование динамического поведения адаптивного авиационного катапультного устройства

Беклемищев Ф.С., Алексеенков А.С.
МАИ, г. Москва

Основной задачей авиационных робототехнических систем такого класса, как адаптивное авиационное катапультное устройство (ААКУ), является обеспечение требуемых параметров отделения авиационных управляемых ракет (АУР). Использование средств моделирования для оценки работы кинематики и динамического поведения

подобного рода систем в настоящее время приобретает всё большую практическую ценность.

Настоящая работа посвящена вопросам моделирования работы ААКУ при помощи интеграции современных компьютерных средств математического моделирования динамики. В ходе моделирования в качестве инструментария были применены программные комплексы двух типов: среда модельно-ориентированного проектирования SimInTech и программный комплекс автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем EULER (ЭЙЛЕР). Технология совместного моделирования SimInTech и EULER позволяет решать задачи мультифизичного моделирования систем, анализировать их работу, проводить виртуальные испытания.

Целью настоящей работы послужило создание в указанных выше программных средах модели динамики движения АУР в процессе её отделения от ААКУ. Данная модель реализована с учётом следующих требований:

1. Модель предназначена для исследования кинематики и динамики работы ААКУ в рамках процесса отделения АУР.
2. Модель включает в себя исполнительную часть ААКУ и систему управления толкающими усилиями.
3. Модель пригодна для исследования пространственного движения.
4. Модель учитывает инерционно-массовые характеристики всей номенклатуры АУР предполагаемых к отделению от ААКУ.
5. Модель АУР включает в себя три точки приложения сил: в точках подвески к ААКУ и в центре масс для приложения аэродинамических нагрузок.

В рамках последующих работ предполагается осуществить верификацию разработанной модели с использованием экспериментальных данных, полученных на базе макетного образца исполнительной части ААКУ.

Dynamic character modeling of adaptive aviation catapult device

Beklemishchev F.S., Alekseenkov A.S.
MAI, Moscow

The main task of aviation robotic systems of such a class as an adaptive aviation catapult device (AACD) is to ensure the required parameters of the separation of guided aerial missile (GAM). The use of modeling tools to evaluate the work of kinematics and the dynamic character of such systems currently acquires an increasing practical value.

This paper is devoted to the problems of modeling the work of AACD using the integration of modern computer tools for mathematical modeling of dynamics. In the course of the simulation, two types of software were used as a toolkit: the SimInTech model-oriented design environment and the EULER software-based automated dynamic analysis system for multicomponent mechanical systems. SimInTech and EULER joint modeling technology allows solving problems of multiphysical system modeling, analyzing their work, conducting virtual tests.

The purpose of this work was the creation in the above program environments of the model of the dynamics of the movement of GAM in the process of its separation from AACD. This model is implemented with the following requirements:

1. The model is designed to study the kinematics and dynamics of the work of AACD within the framework of the GAM separation process.
2. The model includes the executive part of the AACD and the control system of pushing efforts.
3. The model is suitable for the study of spatial motion.
4. The model takes into account the inertial mass characteristics of the entire GAM nomenclature assumed to be separated from AACD.
5. The GAM model includes three points of application of forces: at the points of suspension to AACD and in the center of mass for the application of aerodynamic loads.

In the framework of subsequent work, it is supposed to carry out verification of the developed model using experimental data obtained on the basis of a prototype model of the executive part of AACD.

Использование среды SimInTech при разработке математических моделей авиационных катапультных устройств

Бородай И.Ю.
МАИ, г. Москва

В настоящее время существует большое количество программных комплексов для проведения математического моделирования. Возможности таких систем зачастую в значительной степени перекрываются друг другом и подходы к решению одинаковых задач у них примерно одинаковы. К числу универсальных программных комплексов, не ориентированных на конкретные области моделирования технических систем, можно отнести отечественную среду модельно-ориентированного проектирования SimInTech (ранее – ПК «МВТУ»). Данная среда предназначена для аналитического и численного решения различных математических задач и исследования динамических систем, включающих дискретные, непрерывные и гибридные модели.

В данной работе рассмотрен процесс построения математических моделей авиационных катапультных устройств (АКУ) с использованием среды SimInTech. Основной принцип построения подобного рода математических моделей состоит в записи тригонометрических соотношений для звеньев механизма. Далее для этих соотношений находятся вторые производные по времени. Данные производные являются основой для составления моделей дифференциальных уравнений изменения угловых величин и положений шарниров. Моделирование движения механизма состоит в интегрировании этих уравнений. Такой подход позволяет увязать в единую среду моделирования и задачи кинематики, и задачи динамики (в том числе и силовой расчёт, осуществляемый для каждого момента времени методом последовательных приближений). Все модели связаны между собой, так как в совокупности представляют собой математическую модель механизма АКУ с силовым приводом.

Результаты моделирования подтвердили корректность принципов построения математической модели АКУ с использованием среды SimInTech для решения подобного рода задач, а также продемонстрировали высокую сходимость с результатами, полученными на существующих объектах моделирования.

Список литературы:

1. Применение современных интегрированных информационных технологий в моделировании авиационных робототехнических систем / А.И. Данеко [и др.] / под ред. чл.-корр. РАРАН Б.В. Обносова. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.
2. Карташов Б.А., Шабаев Е.А., Козлов О.С., Щекатуров А.М. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech: Практикум по моделированию систем автоматического регулирования. – М.: ДМК Пресс, 2017 – 424 с.

Use of the environment SimInTech by development of mathematical models of aviation catapult devices

Boroday I.Y.
MAI, Moscow

Now there is a large number of program complexes for carrying out mathematical modeling. Possibilities of such systems often are substantially blocked with each other and approaches to the solution of identical tasks at them are approximately identical. It is possible to carry the domestic environment of the model focused design of SimInTech(earlier – the PC "MVTU") to number of the universal program complexes which aren't focused on the concrete fields of modeling of technical systems. This environment is intended for the analytical and numerical solution of various mathematical tasks and a research of the dynamic systems including discrete, continuous and hybrid models.

In this work process of creation of mathematical models of the aviation catapult devices (ACD) with use of the SimInTech environment is considered. The basic principle of construction of this sort of mathematical models consists in record of trigonometrical ratios for mechanism links. Further for these ratios there are second derivatives on time. These derivatives are a basis for drawing up models of the differential equations of change of angular sizes and provisions of hinges. Modeling of the movement of the mechanism consists in integration of these equations. Such approach allows to coordinate on uniform Wednesday of modeling and a problem of kinematics, and a problem of dynamics (including the power calculation perfromed for each timepoint by method of consecutive approximations). All models are connected among themselves as in total represent mathematical model of the ACD mechanism with the power drive.

Results of modeling have confirmed correctness of the principles of creation of the ACD mathematical model with use of the SimInTech environment for solution of this sort of tasks and also have shown high convergence with the results received on the existing subjects to modeling.

References:

1. Use of the modern integrated information technologies in modeling of aviation robotic systems / A.I. Daneko [etc.] / under the editorship of the member correspondent of RARAS B.V. Obnosov. M.: MAI-PRINT publishing house, 2010.

2. Kartashov B.A., Shabayev E.A., Kozlov O.S., Shchekaturov A.M. Environment of dynamic modeling of the technical SimInTech systems: Workshop on modeling of systems of automatic control. – M.: DMK Press, 2017 – 424 pages.

Разработка человеко-машинного интерфейса системы самолётовождения для перспективных гражданских самолётов

Будков А.С., Неретин Е.С.
МАИ, г. Москва

Работа посвящена разработке человеко-машинного интерфейса системы самолётовождения для перспективных гражданских самолётов.

За более чем полувековую историю эволюции авионики пассажирских самолётов появилось множество различных архитектурных решений, технологий и концепций организации кабины экипажа. Появление архитектуры интегрированной модульной авионики (ИМА), концепции "стеклянной" кабины, а затем и "тёмной" кабины, привели к широкому распространению экранных индикаторов, с появлением каждого нового самолёта занимающих всё большую часть рабочего поля экипажа.

Сегодня на первый план создания философии кабины выходят задачи по удобному и надёжному представлению большого количества информации, необходимой экипажу для своевременного и безошибочного принятия решений по управлению воздушным судном. Постоянно растущие требования по учёту человеческого фактора при анализе функциональных опасностей предполагают необходимость тщательной проработки человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) всей кабины, и, в особенности, ЧМИ системы индикации.

Наиболее актуальная на сегодняшний день концепция «тёмной» кабины предполагает необходимость привлечения внимания экипажа только на значимых в текущей оперативной обстановке элементах в поле зрения, без отвлечения на вторичную информацию.

Увеличение количества, размеров и разрешения цифровых экранов в кабине экипажа не могло не повлиять на необходимость переосмысления и перестройки всего ЧМИ кабины, и, в особенности, наиболее функционально нагруженной его части – ЧМИ системы самолётовождения (от англ. Flight Management System - далее FMS).

Таким образом, результатом является разработанный в соответствии с текущими и перспективными требованиями нормативно-технической документации принципиально новый ЧМИ FMS, реализующий новые способы представления информации и обеспечивающего интуитивное и надёжное взаимодействие с экипажем.

Внедрение предлагаемых решений позволяет снизить:
• Время подготовки самолета к вылету;
• Сроки обучения экипажа для работы с системой;
• Нагрузка на экипаж на всех этапах полёта.

Development of human-machine interface of flight management system for prospective civil aircraft

Budkov A.S., Neretin Y.S.
MAI, Moscow

The work is devoted to the human-machine interface development for the flight management system of prospective civil aircrafts.

For more than half a century of passenger aircraft avionics evolution, a lot of different architectural solutions, technologies and concepts of the cockpit organization have appeared. The appearance of the integrated modular avionics (IMA) architecture, the glass cockpit concept, and then the dark cockpit, led to a wide spread of screen indicators, which occupies an increasing part of the working field of the crew with the appearance of each new aircraft.

Nowadays, the main task in creation of the philosophy of the cabin is the task of convenient and reliable presentation of a large amount of information which is necessary for the crew for timely and error-free decision-making on aircraft control. The constantly-increasing requirements for the human factor in the analysis of functional hazards suggest the need for careful study of human-machine interfaces (HMI) throughout the cockpit, and, in particular, HMI of cockpit display system.

The most actual for today concept of the dark cockpit involves the need to attract the attention of the crew only on the significant elements in the current operational environment in the field of view, without attention to the secondary information.

The increase of the number, sizes and resolution of digital screens in the cockpit led to the need to rethink and redesign of cockpit HMI, and, in particular, the most functionally loaded part of it – HMI of flight management system (HMI FMS).

Thus, the result of the work is a fundamentally new HMI FMS, developed in accordance with current and future requirements of normative and technical documentation and realizing new ways of presenting information and providing intuitive and reliable interaction with the crew.

Due to the introduction of the proposed solutions, the following are significantly reduced:
• The flight preparation time;
• Time for the crew training to work with the system;
• The crew workload at all flight phases.

Исследование влияния конструктивных параметров волновой передачи с телами качения на кинематическую погрешность передачи

Васильев М.А.
МАИ, г. Москва

Для исследования влияния конструктивных параметров ВПТК на кинематическую погрешность передачи было проведено 3 типа моделирований:

1) было оценено минимально возможное значение статической составляющей кинематической погрешности ВПТК при выборе допусков по 6 квалитету для следующих отклонений: отклонение на размер диаметра тела качения, отклонение на размер диаметра диска волнообразователя, отклонение на размер отверстия сепаратора, неточность изготовления жесткого колеса. По результатам моделирования было определено, что минимальное значение статической составляющей кинематической погрешности ВПТК с отклонениями по 6 квалитету равняется 0,048 градусов, что соответствует 3 минутам;

2) здесь при моделировании были введены отклонения по 6 квалитету для различных конструкций ВПТК для следующих элементов: размер отверстия сепаратора (отклонение

равняется 0,009 мм), диаметр диска волнообразователя (отклонение равняется 0,019 мм), диаметр тела качения (отклонение равняется 0,009 мм);

3) была промоделирована 1 конструкция со следующими отклонениями: неточность изготовления жесткого колеса (в сторону увеличения кинематической ошибки) равняется 0,024 мм (что соответствует 6 квалитету), отклонение для размера отверстия сепаратора равняется 0,021 мм (что соответствует 7 квалитету), отклонение на величину диаметра ролика равняется 0,021 мм (что соответствует 7 квалитету), отклонение на величину диаметра волнообразователя равняется 0,035 мм (что соответствует 7 квалитету).

По результатам проведенного исследования могут быть сделаны следующие выводы:

• Имеется возможность изготовить редуктор на основе ВПТК с отклонениями в деталях по 6 квалитету, кинематическая погрешность которого по статической составляющей будет равняться не более 3 минут;

• С увеличением диаметра волнообразователя, кинематическая ошибка по статической составляющей существенно уменьшается: при увеличении диаметра волнообразователя в 4 раза статическая составляющая кинематической ошибки уменьшается также в 4 раза;

• С увеличением количества тел качения увеличивается плавность хода передачи;

• Ужесточение допуска на диаметр ролика ведет к существенному уменьшению величины кинематической погрешности ВПТК по статической составляющей.

Research of design parameters influence for wave gear with roller bodies on the kinematic error

Vasiliev M.A.
MAI, Moscow

For investigation of design parameters influence for wave gear with roller bodies on a kinematic error 3 types of modeling have been conducted:

1) it is minimum possible value of static making kinematic error has been estimated at a choice of admissions on 6 quality for following deviations: a deviation for the size of body roller diameter, a deviation for the size of generator diameter, a deviation for the size of an aperture of a separator, discrepancy of rigid wheel manufacturing. By results of modelling it has been defined that the minimum value of static making kinematic error with deviations on 6 quality equals 0,048 degrees that corresponds to 3 minutes;

2) here at modelling deviations on 6 quality for various designs of wave gear for roller bodies for following elements have been entered: the size of an aperture of a separator (the deviation equals 0,009 mm), generator diameter (the deviation equals 0,019 mm), diameter of a roller body (the deviation equals 0,009 mm);

3) there was simulated 1 design with following deviations: discrepancy of rigid wheel manufacturing (towards increase in a kinematic error) equals 0,024 mm (that corresponds quality #6), a deviation for the size of an aperture of a separator equals 0,021 mm (that corresponds quality #7), a deviation on size of diameter of a roller equals 0,021 mm (that corresponds quality #7), the deviation on size of generator diameter equals 0,035 mm (that corresponds quality #7).

By results of the conducted investigation following conclusions can be drawn:

• There is a possibility to make a wave gear with roller bodies with deviations in quality #6 which kinematic error on a static component will equal no more than 3 minutes;

• With increase in generator diameter, the kinematic error on a static component essentially decreases: at increase in generator diameter in 4 times the static component of a kinematic error decreases also in 4 times;

• With increase in quantity of roller bodies, smoothness of gear increases;

• Admission toughening for diameter of a roller conducts to essential reduction of size of kinematic error on a static component.

Разработка аппаратуры подсистемы встроенного оперативного самоконтроля стенда гармонических колебаний

Воронин В.В., Захаров И.В., Трубников А.А., Решетников Д.А.
МАИ, г. Москва

В рамках опытной отработки элементов программно-аппаратного комплекса функционального контроля (ПАК ФК) измерителей системы наведения (СН) управляемой авиационной ракеты класса «воздух-воздух» малой дальности (РВВ МД) были разработаны элементы аппаратуры подсистемы встроенного оперативного самоконтроля (ПВОС) стенда гармонических колебаний (СГК).

Необходимость разработки ПВОС СГК обусловлена требованиями высокой инструментальной и методической достоверности процедуры функционального контроля измерителей СН РВВ МД. Поскольку результаты идентификации параметров измерителей чувствительны к изменениям параметров схемы функционального контроля, реализованной в ПАК ФК, от нестабильности напряжения питания датчика угла (ДУ) СГК, обрыва цепей питания и измерительной цепи ДУ СГК.

Структурная схема ПВОС СГК включает в себя блок самоконтроля (БСК), блок стабилизированного питания, кабели электрокоммуникаций и персональный компьютер (ПК).

Основой ПВОС СГК является БСК. Он оснащен элементами аналоговой и дискретной индикации состояний СГК от неконтактных датчиков фиксированного положения подвижной системы (ПС) СГК, а также параметра текущего углового положения ПС при гармонических затухающих колебаниях СГК. БСК имеет элементы коммутации аналоговых цепей измерительного узла СГК для подключения широкого круга контрольно-измерительных приборов. Для автоматического мониторинга аварийных состояний в схему БСК введено 8-ми канальный АЦП NI USB-6008, на который заведены через делители основные цепи схемы функционального контроля.

Через цифровой интерфейс USB 2.0 БСК подключен к ПК. В ПК на основе технологии виртуальных приборов с использованием программного средства NI LabView реализована совокупность программных индикаторов аварийных состояний, вызванных отказами типа пропадание информации с ДУ, случайные кратковременные броски по амплитуде и др. При выявлении аварийных ситуаций ПВОС выдает соответствующую индикацию оператору ПАК ФК, а также команду ПАК ФК на прекращение процедуры функционального контроля СН РВВ МД.

Литература:

1. Захаров И.В., Трубников А.А., Решетников Д.А. Модель задающей части программно-аппаратного комплекса функционального контроля. М.: Вестник московского авиационного института. Том 24. №2. 2017. С. 69-78

Development of the equipment of the subsystem of the built-in expeditious self-checking of the stand of harmonic oscillations

Voronin V.V., Zakharov I.V., Trubnikov A.A., Reshetnikov D.A.
MAI, Moscow

Within experimental receiving of elements of a hardware and software system (HSS) of functional control (FC) measuring instruments (MS) of guidance system (GS) of the operated aviation rocket of the class "air-air" of short range.

Need of realization of this subsystem within a HSS of FC is caused by requirements of high tool and methodical reliability of the procedure of FC of MS of GS of a rocket. As results of identification are depend on parameters of the scheme of FC which was realized in this complex in order to avoid instability of supply voltage, break of power-supply circuits of angle-date transmitter and MS of a chain of the stand of harmonic oscillations.

The block diagram of a subsystem includes: the self-checking block, the block of the stabilized energy, cables of electrocommunications and the personal computer (PC).

The basis of the subsystem is the self-checking block (SCB). It is equipped with elements of analog and discrete indication of conditions of the stand from not contact sensors of the fixed position of mobile system of the stand and also parameter of the current angular position of mobile system at harmonic damped oscillations of the stand. The SCB has elements of switching of analog chains of measuring node of the stand for connection of a wide range of instrumentations. For automatic monitoring of critical conditions eight channels ADC NI USB-6008, on which through dividers main chains of FC schemes.

Via the digital interface USB 2.0 SCB is connected to PC in which on the basis of technology of virtual devices with use of the software of NI LabView the set of program indicators of the critical conditions caused by refusals is realized. At identification of emergencies the subsystem gives the corresponding indication to the operator and also command to a complex of FC to stop of the procedure of FC of GS of a rocket.

References:

1. Zakharov I.V., Trubnikov A.A., Reshetnikov D.A. Model of the setting part of a hardware and software system of functional control. M.: Bulletin of the Moscow aviation institute. Volume 24. No. 2. 2017. Page 69-78

Аварийная посадка на воду (1963 г., река Нева) и бортовые интеллектуальные системы тактического уровня

Гиндце И.С., Федунов Б.Е.
МАИ, г. Москва

В СССР/РФ и в США с конца прошлого века начались разработки отдельных образцов и отдельных фрагментов бортовых интеллектуальных систем тактического уровня (БИС-ТУ). В то время из-за использования при проектировании летательных аппаратов (ЛА) концептуальной модели «Эпизод» номенклатура БИС-ТУ и облик их баз знаний не могли быть определены. Разработанная концептуальная модель ЛА «Этап» позволила инженерам осознать какие тактические задачи решают экипажи ЛА при выполнении ими полетного задания (ПЗ) и какие нужны БИС-ТУ.

Выявлены два класса БИС-ТУ. Бортовые интеллектуальные системы, которые при возникновении непосредственной угрозы выполнению полетного задания рекомендуют экипажу текущую цель полета (решение задачи оперативного целеполагания), и бортовые интеллектуальные системы, рекомендующие экипажу способ достижения назначенной текущей цели полета (задачи конструирования способа достижения цели).

На примере аварийной посадки пассажирского самолета ТУ-124 на реку Неву (август 1963 г., см. в Интернете) описываются состав и облик БИС-ТУ, которые могли бы оказывать экипажу интеллектуальную поддержку при решении тактических задач:

- Оперативного целеполагания (интеллектуальная информационная система «Ситуационная осведомленность экипажа (ИИС СОЭ) и бортовая оперативно советующая экспертная система «Оперативное целеполагание» (БОСЭС-целеполагание)),
- Конструирование способа достижения оперативно назначенной текущей цели полета (бортовая оперативно советующая экспертная система «Аварийная посадка на воду» (БОСЭС «Посадка на воду»)).

Emergency landing on water (1963, the river Neva) and onboard intellectual systems of a tactical level

Gindtse I.S., Fedunov B.Y.
MAI, Moscow

In the USSR / Russia and in the United States from the end of the last century, the development of individual samples and separate fragments of the onboard intelligence systems of the tactical level (BIS-TU) began. At that time, due to the use of the conceptual model "Episode" in the design of aircraft (LA), the nomenclature of BIS-TU and the look of their knowledge bases could not be determined. The developed conceptual model of the LA "Stage" allowed the

engineers to understand what tactical tasks the aircraft crews are solving when they carry out the flight task (PZ) and what BIS-TU are needed.

Two classes of BIS-TU were identified. On-board intelligent systems that, in the event of an immediate threat to the flight task, recommend the crew the current flight objective (the task of operational goal-setting) and on-board intelligent systems that recommend the crew the way to achieve the assigned current flight objective (task of constructing the method of achieving the goal).

On the example of the emergency landing of the passenger aircraft TU-124 on the Neva River (August 1963, see on the Internet), the composition and appearance of the BIS-TU are described that could provide the crew with intellectual support in solving tactical tasks:

• Operational goal setting (intellectual information system "Situational Awareness of the Crew (IIS SOE) and on-board advisory expert system" Operational goal-setting "(BOSES-goal-setting)),

• Design of a method for achieving an operationally assigned current flight target (on-board expert advisory system "Emergency landing on water" (BOSES "Landing on water"))

Разработка бортовой информационной системы самолета МС-21

Деваев Н.А., Неретин Е.С., Будков А.С., Иванов А.С.
МАИ, г. Москва

Пилоты современной гражданской авиации (ГА) имеют дело с большим количеством документации. Традиционно эти документы существовали на бумажных носителях и порой достигали 30 кг, что отрицательно сказывалось на весовом совершенстве самолетов. В то же время использование информации на бумажных носителях занимало продолжительное время, как в полете, так и на этапе подготовки к нему. Все это отрицательно сказывалось на экономике рейсов. Внедрение в ГА портативных электронных планшетов пилота (EFB) частично решило эту проблему путём замены бумажной документации на электронную, но в то же время отсутствие связи между EFB и комплексом бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) самолёта не позволяет реализовать весь потенциал, заложенный в использовании цифровых носителей.

Целью работы является создание бортовой информационной системы (OIS), позволяющей снизить нагрузку на экипаж и сократить время подготовки к вылету путем интеграции EFB в комплекс БРЭО.

Основная концепция заключается в автоматической загрузке данных, полученных с корпоративного сервера или рассчитанных в EFB, в систему самолётовождения (FMS). EFB передает такие данные как:

• Планы полета;
• Лётно-технические характеристики (ЛТХ);
• Весовые характеристики;
• Номер рейса;
• Прочие данные.

Такой способ передачи данных позволит сократить время, необходимое для подготовки воздушного судна (ВС) к вылету и как следствие уменьшить время стоянки самолета.

Аппаратная часть OIS должна состоять из двух EFB (командира ВС и второго пилота), а так же бортового сервера, который через бортовой брандмауэр должен обеспечивать передачу данных в комплекс БРЭО.

Функциональное программное обеспечение (ФПО) должно состоять из пользовательской части (ПЧ), расположенной в EFB, и серверной части (СЧ), расположенной в бортовом сервере данных.

ПЧ ФПО должна иметь модульную структуру и включать в себя как минимум следующие модули:

• Модуль расчета ЛТХ ВС;
• Модуль просмотра документации;

• Модуль электронной сводно-загрузочной ведомости;
• Модуль просмотра полётного задания.

ПЧ ФПО OIS может быть как единственным ФПО, установленным на EFB, так и работать совместно с другим ПО, используемым авиакомпанией.

СЧ ФПО должна обеспечивать конвертацию данных, передаваемых из EFB в комплекс БРЭО.

OIS, взаимодействуя с комплексом БРЭО, должна предусматривать как аппаратные средства защиты, такие как брандмауэр, так и программные, например идентификация пользователей, которые будут защищать от постороннего вмешательства.

Onboard Information System for MC-21 Development

Devaev N.A., Neretin E.S., Budkov A.S., Ivanov A.S.
MAI, Moscow

Pilots of modern civil aviation (CA) use huge variety of documents. Usually, these documents are printed and sometimes their weight exceeds 30 kg, which adversely affects the weight perfection of the aircraft. At the same time, the use of information on the paper takes a long time, both in the flight and during preparation for it. This has a negative impact on the economy of the flight performance. The introduction of the pilot's electronic flight bag (EFB) in CA partially solved this problem by replacing paper documentation with electronic, but at the same time, the lack of communication between EFB and onboard avionics equipment does not allow the realization of the full potential inherent in the digital data carrier usage.

The purpose of the work is to create the onboard information system (OIS), which allows reducing the load on the crew and reducing the time of preparation for departure by integrating EFB into the avionics complex.

The basic concept is to automatically upload data received from a corporated server or calculated in the EFB, to the aircraft flight management system (FMS). EFB sends data such as:

• Flight plan;
• Flight performance;
• Weight characteristics;
• Flight number;
• Other data.

This data transmission method will reduce the time required to prepare the aircraft to departure and reduce the time of aircraft parking.

The hardware of the OIS should consist of two electronic tablets (for the commander of the aircraft and for the co-pilot), as well as an onboard server, which through the firewall should provide data transmission to avionics complex.

Functional software (SW) consists of a user part, located in the EFB, and a server part, located in to onboard data server.

The functional SW user part should have the modular structure and include at least the following modules:

• The module of calculation of the flight characteristics of aircraft;
• Documentation viewer;
• Electronic summary-loading module statement;
• Module for viewing the flight task.

OIS functional software user part can be either the only functional SW installed on EFB or it can work together with other SW used by the airline.

The server part of the functional SW should ensure the conversion of data transmitted from EFB to the avionics complex.

OIS, interacting with the onboard avionics equipment complex, should provide both hardware protection, such as a firewall, and SW, such as the identification of users who will protect against outside interference.

Архитектура бортовой системы технического обслуживания на базе концепции интегрированной модульной авионики

Дудкин С.О., Неретин Е.С., Брусникин П.М.
МАИ, г. Москва

Бортовая система технического обслуживания (БСТО) входит в состав комплекса бортового радиоэлектронного оборудования самолёта и является бортовым средством технической диагностики самолётных систем. Применение БСТО при проведении различных форм технического обслуживания (ТО) в серийной эксплуатации значительно упрощает процедуры обслуживания, снижает время поиска неисправностей и снижает общую стоимость ТО самолёта.

Данная работа посвящена разработке архитектуры БСТО с применением концепции интегрированной модульной авионики (ИМА), основу которой составляют единая вычислительная платформа и открытая сетевая архитектура. Предлагаемая архитектура БСТО является двухуровневой.

Верхний (центральный) уровень БСТО (ЦУ БСТО) включает в себя функциональное программное обеспечение БСТО (ФПО БСТО), выполняемое на центральном вычислителе авионики, и терминалы технического обслуживания – точки входа для технического персонала. Данный уровень обеспечивает сбор информации о неисправностях из всех самолётных систем и обеспечивает её комплексную обработку. В результате обработки информации о неисправностях ЦУ БСТО формирует отчёты о состоянии самолётных систем, доступные для просмотра и выгрузки через терминалы техобслуживания. Также ЦУ БСТО предоставляет интерфейс для проведения наземного расширенного контроля самолётных систем обслуживающим персоналом.

Нижний (распределённый) уровень БСТО включает в себя встроенные средства контроля (ВСК) блоков самолётных систем и средств контроля бортового оборудования, управляемых системой управления общесамолётным оборудованием. Самолётные системы могут определить отказы подконтрольных блоков с точностью до конструктивно-съёмного элемента (КСЭ) и передать информацию в ЦУ БСТО для её дальнейшей обработки.

БСТО, реализованная в соответствии с предложенной архитектурой, на борту самолёта решает следующие задачи:

1) приёма информации о неисправностях от самолётных систем;

2) комплексной обработки информации о неисправностях, сигнализации в кабине пилотов, параметрических данных из бортовой сети, позволяющей выделить группы отказов, локализовать отказы с точностью до КСЭ, обнаружить неисправные линии связи и цепи питания;

3) формирования и предоставления отчётов о состоянии и конфигурации самолётных систем для обслуживающего персонала;

4) проведения наземного расширенного контроля самолётных систем с помощью диалогового взаимодействия БСТО и обслуживающего персонала.

Architecture of onboard maintenance system based on integrated modular avionics conception

Dudkin S.O., Neretin E.S., Brusnikin P.M.
MAI, Moscow

Onboard maintenance system (OMS) is the part of the aircraft avionics and is using for technical diagnostics of aircraft systems. The use OMS during various forms of maintenance in serial operation greatly simplifies maintenance procedures, reduces troubleshooting time and reduces total cost of the aircraft maintenance due:

1) application effective and easy to use maintenance tools;

2) application of a standardized user interface to initiate ground tests (I BIT) of aircraft systems;

3) providing multiple entry points for system maintenance;

4) minimize false assembly/disassembly blocks;

5) reducing downtime due to accelerated maintenance procedures;

6) reducing the cost of staff training.

This work is devoted to the OMS architecture development based on integrated modular avionics (IMA) concept: single computing platform and open network architecture. The proposed architecture of OMS is two-level.

The top (central) level of OMS (central maintenance computer – CMC) includes the functional software of OMS performed on the central computer of avionics and terminals of maintenance – entry points for technical staff. This level ensures the collection of information about faults from all aircraft systems and provides its complex processing. As a result of the processing of information about faults CMC generates reports on the status of aircraft systems, available for viewing and uploading through the maintenance terminals. CMC also provides an interface for I BIT control of aircraft systems by technical staff.

The lower (distributed) level of OMS includes built-in controls of system blocks and equipment controls by the aircraft equipment control system. Aircraft systems can defect failures of controlled units with accuracy to the line replaceable unit (LRU) and transmit information to the CMC for its further processing.

OMS, implemented in accordance with the proposed architecture, solves the following problems:

1) receiving fault information from the aircraft systems;

2) complex processing of information of failures, signaling in the cockpit, parametric data from the onboard network, which allows to identify groups of failures, to localize failures up to LRU, to detect faulty communication lines and power supply circuits;

3) generating and provision of reports on the status and configuration of aircraft systems for technical staff;

4) conducting I BIT control of aircraft systems by means of interactive interaction of OMS and technical staff.

Методика расчёта статических характеристик двухфазного вентильного двигателя

Дунич Е.А., Кривилёв А.В., Пенкин С.С.
МАИ, г. Москва

Известно, что применимость двигателя в электроприводе для выполнения заданного закона движения выходного вала определяется по его статическим характеристикам.

В настоящее время отсутствует методика расчёта естественных статических характеристик двухфазного вентильного двигателя для произвольного способа соединения секций обмоток и соответствующих этому способу методов коммутации. Отсутствие обобщённой методики ограничивает выбор наиболее подходящего двигателя, способа соединения и метода коммутации для конкретного привода.

В данной работе предлагается методика автоматизированного расчёта статических характеристик, которая базируется на разработанной модели двухфазного вентильного двигателя и модулях автоматизации, написанных на языке Matlab. Модель основана на единой схеме замещения, элементы которой могут быть использованы для соединения секций обмоток любым способом.

Предлагаемая методика была использована для построения статических характеристик и определения к. п. д. двухфазного вентильного двигателя с независимыми фазами. Проведён их сравнительный анализ при последовательном и параллельном соединении двух секций, а также в случае одной секции у фазы. Для каждого варианта были рассмотрены по три метода коммутации. При первом (I) методе четыре базовых вектора магнитной индукции создаются при помощи протекания тока по одной из фаз на протяжении межкоммутационного интервала. Во втором (II) методе всегда задействованы две фазы. Третий (III) метод, являющийся комбинацией первых двух, использует все восемь базовых векторов, сдвинутых друг относительно друга на 45 эл. градусов.

Определено, что, по сравнению с методом (I), при (II) методе скорость холостого хода возрастает примерно в 1,5 раза, но к. п. д. снижается в 2 раза и достигает только 48%.

Характеристики и к. п. д., свойственные комбинированному методу (III), при всех способах соединения секций находятся между характеристиками первых двух (I и II).

Максимальная жёсткость механической характеристики и к. п. д., равный 88%, имеют место при параллельном соединении секций, принадлежащих одной фазе при отключённой второй, и позволяет рекомендовать этот способ соединения секций как наиболее эффективный.

Method of calculation of statical characteristics of two-phase brushless DC motor

Dunich E.A., Krivilev A.V., Penkin S.S.
MAI, Moscow

It is known that applicability of a two-phase brushless DC motor in a certain drive can be determined by its statical characteristics.

Nowadays there is no method to calculate statical characteristics of two-phase brushless DC motor for a voluntary kind of phase conjunction and phase commutation methods corresponding to it. Absence of a common technique limits the selection of a most suitable motor, kind of conjunction and commutation method for a certain drive.

In this work a method of automated calculation of statical characteristics, based on a developed model of brushless DC motor and automated modules written in Matlab language, is proposed. The model is based on a general equivalent circuitry elements of which can be used for any kind of winding section conjunction.

The proposed method was applied for deriving of statical characteristics of a brushless DC motor having independent phases. A comparative analysis at the sequent and parallel conjunction of the two sections and also in case of a phase having only one section is done. Three commutation methods for each of these cases were considered. At the first (I) the four basic vectors of the stator’s magnetic induction are being created by current flow in a single phase during the intercommutation interval. In the second (II) all the phase are always in action. The third (III) method being a combination of the first two uses all the eight basic vectors shifted in 45 el. degrees one from another.

It is determined that, in compare to the (I) method, the idle speed increases approx. 1.5 times but the efficiency gets lower twice and reaches 48% only.

The characteristics and the efficiency belonging to the (III) method are in place between the first ones (I and II).

The maximal hardness of the mechanical characteristic and the efficiency which is equal to 88% find place at parallel conjunction of the winding sections belonging to one phase when the second is in off-state and allows to recommend this winding conjunction method as the most effective.

Алгоритмическое обеспечение системы синтетического видения для отечественных гражданских самолётов

Дяченко С.А., Неретин Е.С., Воронцов Т.П.
МАИ, г. Москва

Одной из ключевых тенденций развития перспективных летательных аппаратов гражданского назначения является повышение безопасности полётов. Для достижения указанной цели разработчики авиационной техники интегрируют в состав комплексов бортового оборудования различные системы поддержки экипажа.

В частности, к числу таких систем относятся системы синтетического видения (ССВ), формирующие и индицирующие на пилотажных дисплеях трёхмерное (3D) изображение закабинной обстановки с учётом наземных препятствий, ключевых ориентиров местности и объектов аэродромной инфраструктуры. Данный кадр генерируется, главным образом, на основе информации о пространственном положении самолёта и бортовых баз данных рельефа, препятствий и аэропортов.

Целью работы является разработка и тестирование алгоритмического обеспечения ССВ, предназначенной для перспективных отечественных гражданских самолётов.

Основные функции разработанного алгоритмического обеспечения:

• Загрузка фрагментов базы данных земной поверхности, соответствующих полётному маршруту, из сети Интернет;

• Автоматический выбор уровня детализации рельефа в зависимости от текущей фазы полёта;

• Восстановление трёхмерной модели местности с помощью построения сетчатой поверхности;

• Применение графических эффектов (окрашивание, освещение);

• Коррекция 3D-изображения закабинной обстановки в соответствии с изменением пространственного положения борта.

Программное обеспечение, реализующее вышеперечисленные функции, разработано в программной среде MATLAB.

В рамках тестирования разработанного программно-алгоритмического обеспечения проведено восстановление трёхмерных моделей 5000 реальных географических объектов (50 экспериментов по 100 объектов в каждом). Полученные результаты подтвердили его работоспособность для получения 3D-изображений топографических участков местности с высокой степенью информативности. Также генерируемые изображения отвечают требованиям руководства P-315, регламентирующего требования к устанавливаемым на гражданские самолёты ССВ.

The algorithms of the civil aircraft synthetic vision system

Diachenko S.A., Neretin E.S., Vorontsov T.P.
MAI, Moscow

One of the main trends in the perspective civil aircraft development it is a flight safety improvement. To achieve this goal, aviation engineers are integrating various crew support systems into aircraft onboard equipment complexes.

Synthetic vision systems (SVS) are generating and displaying a three-dimensional (3D) image of the cockpit external environment in accordance with obstacles, ground cues, airport objects. The output synthesized 3D image is based on the aircraft spatial position and onboard terrain, obstacles and airports databases. So, the usage of SVS allows to increase the crew situational awareness in low visibility conditions.

The purpose of this work is the development and testing of civil aircraft SVS algorithms.

The main functions of the SVS algorithms are:

• Downloading Earth database tiles from the Internet with considering the flight plan;

• Automatic selection of the terrain detailization level which depends on the current flight phase;

• 3D terrain model generation by means of mesh surface construction;

• Graphic effects application (e.g. coloring, lighting);

• Resulting 3D image correction in accordance with the aircraft spatial position change.

The software realized listed functions is developed in MATLAB environment.

The software testing has consisted of 5000 real geographical tiles generation. The getting results approved the SVS software correctness in the 3D terrain images shaping. Output images have high informativeness level. In addition, generating images meet the requirements of DO-315 document which define the rules for the civil aircraft SVS.

Особенности формирования облика информационной системы управления техническим состоянием парка ракет

Ерохова М.Н., Захаров И.В., Трубников А.В., Решетников Д.А.
МАИ, г. Москва

Настоятельное требование современности переход на эксплуатацию парка управляемых авиационных ракет (УАР) по состоянию предполагает решение ряда

взаимосвязанных задач, важнейшей из которых является реализация гибкого адаптивного управления техническим состоянием (ТС) УАР, с множеством альтернатив, учитывающих изменения условий функционирования системы технической эксплуатации (СТЭ). Однако, сейчас переход на эксплуатацию УАР по состоянию невозможен, одной из причин этого является использование схемы контроля на основе параметрических методов с принятием решения о ТС УАР в виде двух альтернатив «годен-не годен».

Существующая схема контроля (СК) слабо адаптируема к изменению условий функционирования СТЭ и хорошо работает в условиях избытка ресурсов. При дефиците ресурсов военно-экономическая эффективность СТЭ значительно снижается.

Синтез адаптивного управления ТС УАР возможен на основе более прогрессивной многоальтернативной схемы оценки ТС «годен – ограниченно годен - не годен». Основой для реализации многоальтернативной схемы контроля является применение дополнительной обработки контрольной информации по алгоритмам комбинированного контроля (КК) в рамках информационной системы управления ТС (ИСУ ТС).

ИСУ ТС может быть реализована на АСК нового поколения, как многомодульная система с расширяемой архитектурой. Существующая схема контроля является источником первичной контрольной информации (КИ) о ТС УАР, которая обрабатывается в дополнительных модулях без участия УАР как объекта контроля. Дополнительные модули являются источниками вторичной КИ и позволяют расширить множество наблюдаемых ТС УАР как ОК для реализации СК «годен – ограниченно годен - не годен».

Архитектура ИСУ ТС включает модули параметрического и комбинированного контроля, модуль функционального контроля, модуль сопряжения КИ, модуль накопления и обработки информации, модуль учета запасов УАР, модуль учета ресурсов, модуль планирования работ, модуль прогнозирования ТС, модуль электронной документации и документооборота, а также модуль информационно-справочной подсистемы и контроля знаний инженерно-технического состава СТЭ. Для синхронизации работы функционально связанных модулей и документирования рабочих событий в составе ИСУ ТС реализован модуль реального времени и календарь. Таким образом, ИСУ ТС может быть реализована на основе совокупности программ, приспособленных для работы с событиями и процессами, объектами и субъектами, учетно-отчетной и учебно-справочной информацией СТЭ.

Features of formation of the concept of information system of rocket fleet technical state management

Erokhova M.N., Zakharov I.V., Trubnikov A.V., Reshetnikov D.A.
MAI, Moscow

The insistent demand of modern times is a transition to operation of guided aircraft missiles fleet in accordance with its conditions. The transition implies the solution of a number of issues, and the most important one is the exercising adaptive control over technical state of guided aircraft missiles with a set of alternatives which consider changes in operating conditions of technical maintenance system.

The synthesis of adaptive control over technical state of guided aircraft missiles can be carried out on the basis of the progressive multialternative scheme of state assessment as “ready-for-service – limited service – out of service” using additional processing of the checking information by combined control algorithms within the information system of technical state management.

The information system of technical state management can be implemented on a new generation aviation system complex as a multi-module system with an expandable architecture. The current control scheme is a source of initial checking information on technical state of guided aircraft missiles. Then the information is processed in additional modules without the involvement of a rocket as a monitored object. Additional modules are the sources of secondary checking information and they allow expanding of variety of observable technical states of

guided aircraft missiles as a monitored object for implementation of the control scheme “ready-for-service – limited service – out of service”.

The architecture of the information system of technical state management includes parametric testing and control modules, functional control module, checking information integration module, information accumulation and processing module, module of guided aircraft missiles account, resource accounting module, work planning module, technical state forecasting module, electronic documentation and workflows module, and also module of information and reference subsystem and knowledge testing of engineering and technical staff of technical maintenance system. In order to synchronize the operation of functionally related modules and to record working events, a real-time module are implemented as part of the information system of technical state management. Thus, the information system of technical state management can be realized through combination of the programs adapted to work with events and processes, objects and subjects, reporting and reference information of the technical maintenance system.

Архитектура перспективных комплексов управления бортовым оборудованием

Иванов А.С., Неретин Е.С., Дяченко С.А., Будков А.С.
МАИ, г. Москва

Современные комплексы бортового радиоэлектронного оборудования разрабатываются с применением концепции интегрированной модульной авионики (ИМА). Дополнительные возможности даёт применение распределенной ИМА. В этом случае возможно расположение модулей в отдельных блоках вне крейта в местах концентрации датчиков и агрегатов бортового оборудования, что значительно сокращает массу кабельной сети, повышает помехозащищённость передаваемой информации и увеличивает надёжность работы комплекса в целом.

На части современных ЛА применяют системы управления общесамолётным оборудованием, которые позволяют реализовать в едином блоке функции вычислителей ряда самолётных систем. Приём информации от датчиков и выдача команд управления агрегатами осуществляется с помощью распределённых по самолёту устройств ввода-вывода информации. Применение данного подхода обеспечивает снижение материально-временных затрат на разработку и эксплуатацию за счёт расширения функций программного обеспечения совместно со снижением количества вычислителей.

В данной работе предлагается архитектура перспективного комплекса управления бортовым оборудованием с применением концепции распределенной ИМА.

В состав предлагаемой архитектуры входит комплекс БРЭО и система управления бортовым оборудованием (СУБО). СУБО состоит из центрального вычислителя – модуля управления БО в составе центрального вычислителя БРЭО – и периферийных устройств – модулей преобразования информации (МПИ). МПИ осуществляют сбор данных с датчиков и управление агрегатами. Данные модули выделены в отдельные блоки, которые устанавливаются в местах с наибольшей концентрацией датчиков и агрегатов, которые, как правило, находятся в носовой и хвостовой частях ЛА, а также в центроплане. Архитектура МПИ предусматривает разнородное двухканальное исполнение. Обмен данными между модулями осуществляется по кодовым линиям связи в соответствии с ARINC 664 Перечень систем, входящих в БО, может быть различным и определяется головным разработчиком самолёта.

Данный комплекс предназначен для выполнения функций с назначенным уровнем гарантии проектирования FDAL (Function Development Assurance Level) «A» (потеря функции на ЛА классифицируется как катастрофическая ситуация) в соответствии со стандартом ARP4754A / P–4754A [1].

Литература:

1. Поляков В. Б., Неретин Е. С., Иванов А. С., Будков А. С., Дяченко С. А., Дудкин С. О. Архитектура перспективных комплексов управления бортовым оборудованием // Труды МАИ. 2018. № 100.

The architecture of perspective aircraft onboard equipment control system

Ivanov A.S., Neretin Y.S., Dyachenko S.A., Budkov A.S.
MAI, Moscow

Avionics of a modern aircraft is developed in accordance with the integrated modular avionics (IMA) concept. Additional advantages are provided by implementing of the Distributed IMA approach – it is possible to dispose the modules in separate blocks outside the crate installed all over the aircraft in the places near the sensors and actuators. This approach allows to reduce the weight and size of the cable network, reduces the noise of transmitted data, increases the system's reliability, significantly shorten the time of the development and further modernization.

Some avionics projects contain aircraft equipment control system, which allows to implement the computing functions of many aircraft systems in a single unit. Data acquisition from the sensors and control of actuators are carried out with the use of information input-output devices distributed across the plane. The use of the aircraft equipment control system provides a reduction of time and material expenses at every stage of the aircraft life cycle due to the increase the list of the system's software functions and decrease the number of processor units.

The architecture of the perspective control system for onboard equipment based on the distributed IMA concept is proposed.

The architecture includes the avionics and onboard equipment control system (OECS). OECS consists of the central computer (the control module of the onboard equipment) and of the peripheral information conversion modules (ICM). ICM acquire data from sensors and controls actuators. These modules are separated into blocks, which are installed in the places with concentration of sensors and aggregates. These places are usually located in nose, tail and center wing. The architecture of the ICM provides a dissimilarity two-channel design. The exchange of information between modules in accordance with ARINC 664 The list of onboard equipment is determined by the customer.

This system performs functions with assigned function development assurance level "A" (failure of the function could cause a catastrophic effect on aircraft) in accordance with the standard ARP4754A [1].

References:

1. V. B. Polyakov, E. S. Neretin, A. S. Ivanov, A. S. Budkov, S. A. Diachenko, S. O. Dudkin. The architecture of perspective aircraft onboard equipment control system // Trudy MAI. 2018. № 100.

Компенсация влияния сухого трения на динамику исполнительных устройств

Корнилов В.А.
МАИ, г. Москва

При проектировании систем аэродинамического управления современных маневренных беспилотных летательных аппаратов предъявляются повышенные требования к качеству процессов синхронной передачи информации, определяемой соотношением сигналов вход-выход исполнительных устройств, представленных следящими рулевыми приводами.

Наличие в цепи передачи информации нелинейных диссипативных звеньев типа «сухое трение с остановами» рассматривается как помеха, влияние которой на динамику системы управления приводит к двум нежелательным явлениям: нечувствительности системы привода к сигналам управления малого уровня и появлению значительных фазовых и амплитудных искажений при синхронной передаче гармонических сигналов с амплитудами среднего уровня, принадлежащих наиболее вероятному диапазону спектра сигналов в процессе управления летательным аппаратом.

Рассматривается вариант компенсации отрицательного влияния диссипативной составляющей нагрузки, представленной моделью «сухого трения с остановами», в виде инвариантной структуры компенсации помехи.

Инвариантность структуры привода по отношению к возмущениям, вызываемым действием моментов сухого трения, можно обеспечить путем полной компенсации

момента трения за счет нелинейной коррекции, реализуемой электронной моделью трения, в виде упрощенной нелинейной коррекции, осуществляющей форсирование сигнала ошибки в прямой цепи в диапазоне её малых значений. Блок форсированного управления по сигналу ошибки можно представить в виде последовательного соединения двух нелинейных звеньев: звена форсированного управления инормированного звена «насыщение» по напряжению на двигателе.

На базе разработанного алгоритма нелинейной коррекции были получены результаты моделирования нелинейных моделей электропривода, демонстрирующие заметное снижение негативного влияния «сухого трения с остановами» при отработке командных сигналов с малыми и средними амплитудами. При включении модели компенсации сухого трения, при прочих равных условиях, система реагировала на малые сигналы управления, хотя без модели компенсации сухого трения, реакция отсутствовала. Изменяя параметры модели коррекции определяются значения параметров корректирующей цепи, удовлетворяющие требованиям к качеству отработки командного сигнала.

Compensation of the dry friction influence for the executive devices dynamics

Kornilov V.A.
MAI, Moscow

In aerodynamic control systems for modern unmanned aerial vehiclesdesigning, there are increased requirements to the quality of synchronous information transfer processes, determined by the ratio of input-output signals of executive devices, represented by electric servo drives.

The presence of nonlinear dissipative links, as “dry friction with breaks”, in the information transmission circuit is considered as an noise, the effect of which on the dynamics of the control system leads to two undesirable phenomena: the insensitivity of the drive system to the control signals of a small level and the appearance of significant phase and amplitude distortions during synchronous transmission of harmonic signals with amplitudes of the average level belonging to the most probable range of the spectrum of signals in the process of controlling the aircraft.

We consider the variant of negative effect compensating of the dissipative component of the load, represented by the model of “dry friction with breaks”, in the form of an invariant structure of noise compensation.

The servo drive structure invariance with respect to disturbances caused by the action of dry friction moments can be ensured by fully compensating the friction torque due to the nonlinear correction realized by the electronic friction model, in the form of a simplified nonlinear correction that increase the error signal in a straight circuit in the range of its small values. The forced control unit by the error signal can be represented as a series connection of two non-linear links: the forced control link and the normalized link “saturation” in voltage across the motor.

Based on the developed nonlinear correction algorithm, the results of electric servo driven on-linear models modeling demonstrate a noticeable reduction in the negative impact of “dry friction with breaks” during signal processing with small and medium amplitudes. The system reacted to small control signals, when the dry friction compensation model turned on, although without the dry friction compensation model, the reaction was absent. Changing the parameters of the correction model determines the correction circuit parameters values that satisfy the requirements for the quality of the command signal.

Ожидаемые траектории атаки истребителей противника для корректировки строя истребителей, сопровождающих ударные самолеты

[1]Котенко А.Р., [2]Федунов Б.Е.
[1]МАИ, [2]ГосНИИАС, г. Москва

Иерархически упорядоченная группа истребителей сопровождения (ИС, командир группы К(ИС)-1, подчиненные ему командиры подгрупп К(ИС)-2) выполняет генеральную задачу вылета «Сопровождение воздушных ударных сил». Командир К(ИС)-1 в полете получил информацию о появлении на маршруте ударных самолетов (УС) точки угрозы

(ТУ) с исходящем из нее атакоопасным направлением. С этого направления могут появиться истребители противника (ИП), нацеленные на атаку сопровождаемых УС.

К моменту подлета объединенной группы УС+ИС командир К(ИС)-1 должен прикрыть атакоопасное направление. Для этого он должен решить следующие задачи:

• Определить новое место в строю ИС, с которого выделенная подгруппа (командир К(ИС)-2) могла бы результативно отразить атаку ИП, появившихся на атакоопасном направлении;

• Определить момент времени, когда эта выделенная подгруппа должна занять найденное новое место в строю ИС;

• Определить, какому командиру К(ИС)-2 подгруппы ИС поручить занятие определившегося нового места в строи ИС к заданному времени.

Для решения этих задач необходимо построить множество возможных траекторий ИП, которые, появившись на атакоопасном направлении, начнут атаку УС.

Алгоритмы решения этих задач составляют содержание соответствующего блока в базе знаний бортовой оперативно советующей экспертной системы БОСЭС(К(ИС)-1)-ТС «Маршрут». Она вырабатывает рекомендации командиру К(ИС)-1 по способу решения этих задач на этапе полета «Маршрут» в активизированной проблемной субситуации «Корректировка строя ИС».

The expected trajectories of the enemy fighter's attack to correct the formation of fighters accompanying strike aircraft

[1]Kotenko A.R., [2]Fedunov B.Y.

[1]MAI, [2]GOSNIIAS, Moscow

A hierarchically ordered group of escort fighters (EF, commander of group K(EF)-1, subordinate commanders of subgroups K(EF) -2) perform the general mission task "Escort of air strike forces" [1]. Commander K (EF) -1 in flight have received information about the appearance on the route of strike aircraft (SA) of the point of threat (PT) with outgoing from it attacking direction. From this direction, hostile fighters (HF) may appear, aimed at attacking the escorted SA.

By the time of the arrival of the combined group of SA+EF, commander K(EF)-1 must cover the attacking direction. To do this, he must solve the following tasks:

• To determine a new place in the EF structure with which the selected subgroup (commander K(EF)-2) could effectively repulse the attack of the EF, appearing in the attacking direction;

• To determine the point in time when this selected subgroup should occupy the new location found in the EF structure;

• To determine to which commander K(EF)-2 of subgroups of the EF to give an order to occupy determined place in the structure of the IS by the given time.

To solve these problems, it is necessary to build a set of possible trajectories of HF in the attacking direction, from which HF can attack SA.

Algorithms for solving these problems constitute the content of the corresponding block in the knowledge base of the on-board advisory expert system of OAES (K(EF)-1) -TS "Route" [2-4]. It provides recommendations to the commander K (EF) -1 on the way how to solve these problems during the "Route" flight stage in the activated problematic subsituation "Correction of the combat formations of escort fighters".

Антропологически-философские аспекты современной робототехники

Кравченко В.В.

МАИ, г. Москва

Развитие современной робототехники часто называют четвертой научно-технической революцией. Однако роботы начали проникать из технической области - в самую толщу социальной жизни: образование, юриспруденцию, армию, банковское дело, обслуживание

населения, даже в личную жизнь граждан. Традиционной этики робототехники сегодня явно недостаточно.

В сфере философии популярны идеи трансгуманизма. Проблемы киборгизации людей и очеловечения роботов по самому своему существу может и должна рассматривать философия.

Философский вопрос о человеке может иметь такой ответ: человек - это живое биологическое существо, способное к творчеству, но не способное предвидеть всех возможных последствий своей деятельности. Это разумное существо, которое создает как средства для своего развлечения, удовлетворения любопытства и решения повседневных проблем, так и средства для своего собственного уничтожения. Человек - единственное биологическое существо, способное к сознательному самоубийству, сегодня часто завуалированному под рисковую игру. Робототехника также может быть рассмотрена как рискованное и самоубийственное занятие. Уже известны случаи смерти создателей роботов от своих творений. Для философа это современная интерпретация истории Франкенштейна.

Вспомним предостережение Стивена Хокинга о том, что искусственный интеллект - это страшное оружие, способное уничтожить человечество. Нужно задать себе актуальный вопрос: кто же такой современный робот? Это искусственно созданное существо, обладающее огромным жизненным ресурсом (почти бессмертием); существо, обладающее искусственным интеллектом, значительно превосходящим человеческий по многим параметрам; существо без сомнений, страхов и упреков, достигающее поставленной перед ним целей любой ценой…

Закономерный вопрос: зачем мы производим и совершенствуем роботов? Философский ответ: робот создается в помощь человеку, чтобы дать ему возможность развиваться, совершенствуясь и улучшая окружающую реальность. Человек никогда не должен становиться придатком к самым совершенным механизмам.

Необходимо разработать особую систему безопасности в создании и применении роботов, развивающую известные три закона робототехники; противостоять искусственному интеллекту, руководствуясь главным принципом: «Не навреди человеку!». Наконец, основным и главным постулатом робототехники должен быть следующий: «Человек - не робот; робот - не человек».

Anthropological-philosophical aspects of modern robotics

Kravchenko V.V.
MAI, Moscow

Development of the modern robotics is often called the forth scientific- technological revolution. However robots have begun to get from technical area into the social life - education, law, army, banking, services industry, even into the private life of the citizens.

Traditional ethics of robotics is obviously not enough today. The ideas of transhumanity are very popular in the modern philosophy. And the philosophy has to solve problems of the kiborgization of persons and the anthropomorphization of robots.

The philosophical question of the person can have such answer: the person is the living biological being capable to creativity, but not capable to predict all the consequences of the activity. This reasonable being can create all the means for his entertainment, satisfaction of his curiosity, the solution of the daily problems, and means for his destruction. The person is the only biological being capable to the conscious suicide which today is often veiled as a risky games. Robotics can be also considered as a risky and self destructive occupation. Some cases when robots killed their creators are well known today. For philosopher it is modern interpretation of Victor Frankenstein's case.

We will remember Stephen Hawkins' caution that the artificial intelligence is the terrible weapon capable to destroy all mankind. It is necessary to ask the essential question: what is the modern robot? This is the artificially created being possessing a huge vital resource (almost immortality); the being having the artificial intelligence which is considerably surpassing the

human one in many parameters; the being which lacks fears, doubts and reproaches when it is achieving the objects set for it at any cost...

Natural question: why do we make and improve robots? Philosophical answer is: the robot is created for the aid to the person to give him the chance to develop, being improved and to improve surrounding reality. The person never has to become an appendage for even the most perfect mechanism.

It is necessary to develop a special security system to creation and using of robots developing the well known three laws of robotics; to resist to artificial intelligence, being guided by the main principal: "Don't do any harm to the person!". At last, it must be the main postulate of robotics as follows: "The person is not the robot; the robot is not the person".

Исследование статических характеристик привода, построенного на основе диаметральной лопастной машины

Кутейникова Е.Н.
МАИ, г. Москва

Привод, на основе диаметральной лопастной машины включает в себя диаметральное рабочее колесо, характеризующееся тем, что набегающий и истекающий потоки проходят перпендикулярно оси вращения, электродвигатель, регулирующий вращение рабочего колеса, воздухопровод с воздухозаборником и каналом сброса воздуха. Управление осуществляется путем регулирования тяги истекающего потока, а также изменением лобового сопротивления в районе воздухозаборника. Настоящая работа посвящена исследованию статических характеристик приводов указанной конструкции.

В предыдущих этапах работы с помощью численного моделирования в программе ANSYS CFX были определены основные требования к геометрии рабочего колеса и воздухозаборника и зависимости от них управляющих характеристик. Но использование численного моделирования в качестве основного этапа проектирования является сложным и длительным процессом, поэтому по результатам предварительных расчетов было решено построить приближенную математическую модель для получения статических характеристик.

При построении модели были учтены следующие факторы: газовый поток дважды проходит через лопасти, поэтому при построении диаграммы скоростей выделены четыре участка: на входе в рабочее колесо на внешней и внутренней кромке лопасти и на выходе из рабочего колеса на внутренней и внешней кромки лопасти. Течение рассматривалось как установившееся, при допущении что поток проходит каждый участок только один раз. Для описания потока в области рабочего колеса применена теорема о количестве движения.

По итогам расчетов были получены следующие характеристики: механическая характеристика - зависимость момента рабочего колеса от скорости его вращения при различных давлениях перед воздухозаборником, а также зависимость момента на рабочем колесе от давления перед воздухозаборником при неподвижном электродвигателе. При сделанных допущениях о стационарности потока, указанные характеристики имеют линейный вид. Дополнительно была получена зависимость скорости потока на выходе рабочего колеса от скорости вращения двигателя при различных значениях давления перед воздухозаборником. Полученные характеристики имеют параболический характер и достигают наибольших значений при скоростях вращения от 5000 об/мин.

Полученные статические характеристики позволяют упростить проектирование привода и послужат основой для определения динамических характеристик.

Research of static parameters of a drive based on a cross-flow fan

Kuteynikova E.N.
MAI, Moscow

The drive that is based on a cross-flow fan includes: a diametrical working wheel which is designed in a way that incoming and outcoming flows are perpendicular to the rotation axis; an

electric drive that controls the working wheel's rotation; air duct, air intake and air discharge channel. The control is conducted by changing the airflow lines, controlling the outcoming airflow thrust and changing drag near the air intake. This work is dedicated to static parameters determination of the stated drive design.

On previous stages of the work main requirements for working wheel and air intake geometry were obtained using numerical simulation ANSYS CFX. Controlling characteristics are dependent upon those parameters, for example, thrust. Since using the digital simulation as a design's main stage is not productive, it was decided to create an approximate mathematical model to obtain static parameters.

The following factors were considered: gas flow passes through fan twice as a result of rotation and gains more acceleration upon exiting the drive. This is why there has to be 4 sectors in velocity diagram: inner and outer edges of the working wheel upon entering and inner and outer edges of the working wheel upon exiting. The flow was considered steady while assuming that the airflow passes through the fan's blades one time only. It is possible to use the principle of momentum for the working wheel's airflow.

Upon finishing the calculations the following characteristics were obtained: mechanical momentum characteristic of the working wheel in dependence of its rotational speed with different pressure values near the air intake; dependence of the momentum on the working wheel with stationary drive from pressure near the air intake. The stated characteristics are linear since non-stationary flow conditions were not considered in this calculation. Additionally the dependence of flow's velocity inside of the working wheel from drive's rotational speed was obtained. It has to be noted that it is non-linear and reaches its extremums on rotational speeds above 5000 rpm.

Obtaining the mathematical model and static parameters of the drive will simplify its designing process. The next stage is obtaining drive's dynamic parameters.

Автономный наземный робот для наблюдения за воздушным судном на стоянке

Лельков К.С., Черноморский А.И., Шумов М.Б., Хорев Т.С.
МАИ, г. Москва

В настоящее время активно развиваются технологии автономных наземных роботов различного назначения. В частности, такие роботы применяются для патрулирования территорий со сложной инфраструктурой, для наблюдения за разнообразными подвижными и неподвижными объектами и др.. В работе рассматривается задача использования автономного робота для наблюдения за воздушным судном на стоянке и прилегающей к нему территорией. Сейчас эта задача решается при помощи стационарных камер видеонаблюдения и периодического патрулирования территории сотрудниками охраны аэропорта. Однако, поскольку патрулирование осуществляется лишь периодически, а стационарные камеры имеют ограниченную область обзора, решение задачи наблюдения в этом случае оказывается неполноценным. Таким образом, разработка автономного робота для наблюдения за воздушным судном на стоянке является актуальной проблемой.

В работе представлены результаты разработки наземного автономного робота для наблюдения за воздушным судном на его стоянке. Робот построен на основе трехколёсной платформы с двумя ведущими и одним ведомым колесом. На нём установлены приводные двигатели постоянного тока, одометры для измерения скорости вращения колёс, инерциальный блок с гироскопами и акселерометрами, спутниковый приёмник с поддержкой дифференциального режима измерений, сканирующий лазерный дальномер для реализации возможности объезда препятствий, видеокамера и bluetooth передатчик. Робот решает задачи: автономного патрулирования территории стоянки воздушного судна с перемещениями по заданому маршруту и автоматическим объездом препятствий; видеонаблюдения за воздушным судном с возможностью трансляции изображения на пульт оператора через радиоканал; контроля доступа на охраняемую территорию с использование bluetooth меток.

Особенностью программного обеспечения (ПО) робота является его модульная структура. Использование ROS (Robot Operation System) в качестве основы ПО позволило оформить каждую подпрограмму в виде отдельного модуля.

Испытания экспериментального образца робота показали, что ошибка перемещения робота по заданному маршруту при использовании разработанной комплексной навигационной системы составляет величины порядка 1-2 метров; время его работы без дозарядки аккумуляторов – 3 часа. В целом, результаты испытаний разработанного охранного робота определили возможность построения на его базе опытных образцов для наблюдения за воздушным судном на стоянке и прилегающей к нему территории.

Autonomous ground robot for parked aircraft monitoring

Lelkov K.S., Chernomorsky A.I., Shumov M.B., Khorev T.S.
MAI, Moscow

Today various technological applications for autonomous ground robots are rapidly developing. In particular, such robots are used for patrolling territories with a complex infrastructure, for monitoring various moving and immovable objects, etc. This paper considers the possibility of using an autonomous robot to monitor an aircraft in a parking lot and the adjacent territory. Right now this task is solved with stationary security cameras and periodic territory patrols by the airport security officers. However, since patrolling is carried out only periodically, and stationary cameras have a limited field of view, the solution of the aircraft monitoring problem turns out to be inadequate. Thus, the development of an autonomous robot to monitor an aircraft in a parking lot is an actual problem.

This paper presents the results of the development of a ground-based autonomous robot for monitoring an aircraft in its parking lot. The robot is built on the basis of a three-wheeled platform with two driving and one driven wheel. It features DC drive motors, odometers for measuring wheel speed, an inertial sensor array with gyroscopes and accelerometers, a satellite receiver with differential measurement mode support, a scanning laser rangefinder for the obstacle detection and avoidance capability, a video camera and a bluetooth transmitter. The robot is capable of solving multiple problems: autonomous patrolling of the territory of the aircraft parking along the specified route with automatic obstacle avoidance; video surveillance of an aircraft with the possibility of broadcasting an image to the operator's console via a radio channel; security control access to protected areas using bluetooth beacons.

The main feature of the developed robot software is its modular structure. By using ROS (Robot Operation System) as the software basis, we could design each subprogram as a separate module.

Real-world testing of the experimental robot sample showed that the navigation error of the robot moving along a given route using the developed integrated navigation system is of the order of 1-2 meters; The time of its autonomous operation without recharging the batteries is 3 hours. In general, the test results of the developed security robot determined the possibility of building on its base the prototypes for monitoring the aircraft in the parking lot and the adjacent territory.

Исследование кинематики шарнира боковой ручки управления самолетом

Макарин М.А., Самсонович С.Л., Рожнин Н.Б.
МАИ, г. Москва

Поиск новых конструктивных решений, позволяющих обеспечить независимое управление самолётом по крену и тангажу и при этом снизить массогабаритные показатели активных БРУ, является актуальной задачей.

Недостатком известных рамочных конструкций кроме больших габаритов является различие динамических характеристик каналов при использовании одинаковых исполнительных механизмов приводов, так как масса исполнительного механизма привода, закреплённого на рамке, является нагрузкой для исполнительного механизма привода, закреплённого на неподвижном основании.

Проведён синтез построения активной БРУ на основе использования кинематических пар, имеющих одну степень подвижности. В результате применены шарнирные механизмы, преобразующие вращательное движение входного звена (выходного вала привода) в качательные движения выходного звена (рукоятки БРУ) в одной плоскости. С помощью двух таких механизмов, соединенных между собой рычагом через одноподвижные вращательные пары, получена безрамочная кинематическая схема с двумя степенями подвижности.

Передаваемое усилие механизма зависит от угла поворота выходного вала исполнительного механизма и угла отклонения рукоятки. Данная зависимость имеет синусоидальный характер, а в диапазоне рабочих углов рукоятки близка к линейной.

В результате исследования специфичных режимов работы активной БРУ выявлено, что мощность электродвигателя зависит от требуемых значений максимальной скорости перемещения рукоятки пилотом и прилагаемого к ней усилия, а также от момента инерции рукоятки.

Kinematic research of aircraft side stick control unit

Makarin M.A., Samsonovich S.L., Rozhnin N.B.
MAI, Moscow

Disadvantages of the known frame constructions, apart from the large dimensions, is the difference in the dynamic characteristics of the channels when using the same actuators, because the mass of the actuator which is fixed on a frame causes a load for the actuator which is fixed on the motionless basis.

By results of the analysis, a synthesis of the creation of active sidestick control unit based on kinematic pairs having one degree of mobility was carried out. Hinged mechanisms were used to convert rotational motion of the input link (the output shaft of executive mechanism of actuator) to the rocking motion of the output link (the handle of sidestick control unit) in the respective independent planes.

When two such mechanisms are used, so that their links are located perpendicularly and connected among themselves by a lever through one-mobile rotational pairs, a kinematic scheme with two degrees of mobility is obtained.

The kinematic scheme of active sidestick control unit which isn't using a frame is offered as a result. The frameless scheme contains two identical actuators fixed on the motionless basis and interference of channels is excluded.

It is shown that gear ratio is inconstant and described by a sinusoidal function. But it is highly linear in the range of operating angles of the handle.

As a result, it is shown that the power of the electric motor depends on the required values of the maximum speed of the pilot's movement and the force applied to the handle, in accordance with research of the specific modes of operation of the active sidestick control unit, and also from the moment of inertia of the handle.

Макет двухосного трёхколёсного робота для создания алгоритмов навигации в лабиринте с неизвестной структурой

Махнев В.Н., Столяров Я.В., Никитенко И.А.
МАИ, г. Москва

Целью работы является разработка макета колесного робота, способного автономно перемещаться в лабиринте с неизвестной структурой. Конструкция робота должна предусматривать возможность установки ряда дополнительных измерительных систем [1, 2], а интерфейс программного обеспечения (ПО) предоставлять возможность составления различных алгоритмов прохождения лабиринта. При разработке макета была использована стандартная двухосная трехколёсная платформа. Робот оснащен несколькими разнотипными датчиками: ультразвуковыми дальномерами; инфракрасным сканером подстилающей поверхности и датчиками контакта с препятствием. Для обработки информации с аналоговых датчиков используется контроллер на плате Arduino Nano,

который преобразует аналоговые измерения в цифровой сигнал и отправляет его на центральный вычислитель. В качестве центрального вычислителя используется одноплатный компьютер Raspberry Pi с операционной системой Linux. Загрузка и запуск управляющих программ осуществляется путём беспроводного подключения к Raspberry PI по протоколу SSH через Wifi. Также было разработано ПО для реализации удобного интерфейса взаимодействия с роботом. Интерфейс позволяет создавать алгоритмы навигации для передвижения робота в лабиринте без необходимости вникать в технические особенности его подсистем. Алгоритм прохождения лабиринта составляется на основе готовых блоков-подпрограмм, реализующих, например, следующие команды: «проехать X метров вперёд/назад»; «получить измерение с бокового/переднего дальномера» «повернуть направо/налево» и др. Для испытаний был подготовлен тестовый лабиринт, включающий необходимость отработки всех описанных выше команд. При испытаниях макета были использованы три алгоритма перемещения по лабиринту с использованием разного набора датчиков, а именно: переднего и бокового дальномеров; бокового дальномера и датчика контакта с препятствием; инфракрасного датчика и переднего дальномера. Разработанный макет робота может быть использован в учебных целях. Макет позволяет ознакомиться с различными типами датчиков, а также с основами алгоритмов навигации робота.

1. http://ru-ru.segway.com
2. Hakim, F. (2017). AUTONOMOUS MAZE SOLVING ROBOT. DOI: 10.13140/RG.2.2.34525.82403.

Two-axle three-wheeled robot for development of algorithms to navigate inside the labyrinth with unknown layout

Makhnev V.N., Stoliarov I.V., Nikitenko I.A.
MAI, Moscow

This work is dedicated to the development of a wheeled robot capable of autonomously moving in a labyrinth with an unknown structure. The design of the robot provides the possibility of installing a number of additional measuring systems, and the software interface provides the ability to compile various algorithms for passing the labyrinth. In its core the robot has a standard two-axle three-wheel platform. The robot is equipped with several different types of sensors: ultrasonic range finders; Infrared underlying surface scanner and sensors for detecting contact with the obstacle. To process information from analog sensors we use a controller based on the Arduino Nano board, which converts analog measurements into a digital signal and sends it to the central processor. A central processor is a Raspberry Pi single-board computer with a Linux operating system. Loading and launching control programs is carried out by wireless connection to Raspberry PI with the SSH protocol via Wifi. Also, software was developed to implement a user-friendly interface with the robot. The interface allows you to create navigation algorithms for moving a robot in a labyrinth without having to dig into the technical features of its subsystems. The algorithm for passing the labyrinth is compiled on the basis of ready-made blocks-subprograms that implement, for example, the following commands: "drive X meters ahead / back"; "Get a measurement from the side / forward range finder" "turn right / left", etc. A test labyrinth was prepared for the tests, including the need to test all the commands described above. When testing the layout, three algorithms for moving through the labyrinth were used using a different set of sensors, namely: front and side range finders; lateral range finder and contact sensor; infrared sensor and front rangefinder. The developed robot layout can be used for educational purposes. The layout allows you to familiarize yourself with various types of sensors, as well as with the basics of robot navigation algorithms.

Разработка алгоритма для локализации и распознавания объектов дорожной обстановки

Мегрелишвили Г.Г.
МАИ, г. Москва

Локализация и распознавание объектов является одной из задач технического зрения, которые применяются как в гражданских, так и в военных целях. В рамках работы рассматривается задача распознавания и определения местоположения объектов дорожной обстановки (машин, грузовиков, автобусов) на цифровом изображении.

Существует как классический, так и нейросетевой подход к решению задачи. До 2015 года не было нейросетей, которые могли определять координаты объектов. При тестировании классических подходов на больших данных, оказалось, что результат работы нейросетей лучше. Одна из лучших в смысле точности архитектур нейросети для решения поставленной задачи является Single Shot Multibox Detector(SSD). Данная модель состоит из сверточных нейросетей, которые выделяют необходимые признаки на изображении и многослойных персептронов, которые определяют координаты и распознают объекты.

В работе предлагается новый метод решения задачи. Алгоритм состоит из двух нейросетей и градиентного бустинга. Первая нейросеть SSD, которая определяет координаты объектов и отделяет интересующие объекты от фона. Вторая – сиамская нейросеть выделяет признаки, соответствующие данному классу, которые используются в градиентном бустинге для решения задачи классификации. При обучении сиамской нейросети ставится большое значение выходных признаков для того, чтобы отобрать подходящие с помощью модифицированного генетического алгоритма случайного поиска. После, снова обучается сиамская нейросеть, но уже с таким количеством признаков, которые отобрал модифицированный генетический алгоритм.

В сравнении с архитектурой SSD, точность предложенного алгоритма больше на 7%, но скорость работы дольше на 20%. Неточность SSD обуславливается тем, что объекты дорожной обстановки довольно схожи. Известно, что при распознавании разных объектов одного класса, сиамская сеть имеет большую точность, что и оправдывает полученные результаты.

Для тестированная метода была сформирована база из 600 предварительно размеченных изображений, которая была разделена на обучающую и тестовую выборки в отношении 70:30 соответственно.

Предложенная архитектура является работоспособной и более точной чем Single Shot Multibox Detector для решения данной задачи.

Object detection and recognition of the road environment

Megrelishvili G.G.
MAI, Moscow

Object detection and recognition is one of the fundamental problems of computer vision discipline, that can be used for civil and military goals. This work presents object detection and recognition task of the road environment (cars, trucks, buses) on the digital image.

Exists classical and neural approaches to solve this problem. Before 2015, in the world wasn’t neural networks that can detect objects in an image with accurate precision. Compared with classical methods, neural networks have better performance on big data. One of the state-of-the-art architectures is Single Shot Multibox Detector (SSD). This model consists convolutional neural networks that distinguish features from the image, and multilayer perceptron’s that detect coordinates and recognizes objects.

This research provides new method for solving this problem. Algorithm comprises two neural networks and gradient boosting. First neural network SSD, that detects and separates objects from the background. Second - Siamese neural network, that extract features for gradient boosting algorithm in order to solve classification task. In order to train Siamese neural network very big output is set. Then modified random genetic algorithm extract features from Siamese net

that have great performance. Then Siamese network is trained with output selected by modified genetic algorithm.

Compare with SSD, offered method have precision on 7 percent more. However, speed is increased on 20 percent. Precision of SSD lower, because objects on the road environment similar. It is known that Siamese net has good performance on classifying objects of one class, that's why experimental results have truth reasoning.

For algorithm evaluation was created dataset of 600 annotated images. Dataset was split in training and test dataset with respect to 70:30 respectively.

For solving this problem suggested architecture has better performance than Single Shot Multibox Detector.

Система корректировки траектории полета членов ударно-разведывательной группировки беспилотных летательных аппаратов

Мокрова М.И.
МАИ, г. Москва

В данной работе рассматривается процесс разработки системы управления группой БЛА, выполняющей ударно-разведывательные операции. Основной проблемой группового использования БЛА является корректировка маршрута в ходе выполнения операции, зависящая как от изменения метеорологических условий, рельефа местности, оперативно-тактической обстановки, состава группы, количества целей или боевого задания. Целью представленной работы является повышение вероятности выполнения целевой задачи группой БЛА путем оптимизации формируемых маршрутов и целераспределения между членами группы на базе разработки автономного алгоритма траекторного управления группой. Описываемый алгоритм также должен учитывать целостность и согласованность действий группы БЛА при движении по рабочей зоне. При работе предлагаемого алгоритма возникают проблемы с определением необходимой входной информации, необходимой для работы конкретных частей алгоритма.

Планирование маршрутов членов разведывательной составляющей группы состоит из предполетного этапа и корректировки маршрута на борту БЛА в режиме реального времени при выполнении операции. На предполетном этапе строятся основные этапы маршрута, исходя из известных зон, запрещенных для пролета, а также заданных мест расположения целей и областей интереса. Эти основные этапы остаются неизменными, что обеспечивает согласованную работу группировки. Также на предполетном этапе происходит выбор точек и времени входа разведывательных БЛА в область интереса из расчета экономии запаса топлива и возможности наибольшего охвата зон интереса имеющимся количеством разведывательных БЛА. Во время выполнения целевой задачи разведывательной группой БЛА происходит построение маршрута для ударной группы БЛА с учетом необходимости больших радиусов разворота и безопасности пролета, а также районов возможных пусков по критерию досягаемости точек прицеливания. Корректировка маршрута в реальном времени происходит по критерию минимизации расхода топлива и безопасности траектории. При условии потери участника внутри группы решается задача целераспределения между оставшимися участниками группы.

В результате барражирования группы интересующей местности на борту ударного аппарата на основе информации, поступившей со всех разведывательных БЛА, решена задача планирования маршрута ударного БЛА, выбора точки, курса и времени запуска ракет, а также целераспределения между ними.

The correction system of an assault and reconnaissance unmanned aerial vehicle group's flight trajectory

Mokrova M.I.
MAI, Moscow

The developing process of the accomplishing assault and reconnaissance objectives UAV group control system is considered in this paper. The route correction during the operation is the

main problem of the UAV's group engagement. It depends on meteorological conditions changes, surface relief, tactical situation, group composition, number of targets and operation task. The purpose of the presented work is to increase the UAV group's mission reliability by the formed routes optimizing and target distribution among the group members. It is based on the development of the off-line group trajectory control algorithm. The described algorithm should also consider the UAV group's integrity and action coordination while moving along the operational zone. There are some difficulties with the necessary input information definition during the algorithm execution. The information is important for operation of some specific algorithm parts.

The reconnaissance part of the group units' routes planning consists of the pre-flight stage and the UAV's on board real time route correction. The main stages of the route are created at the pre-flight stage. The process is based on known prohibited for passage zones, as well as on specified targets locations and areas of interest. These basic stages remain unchanged. This guarantees the coordinated group functioning. Also at the pre-flight stage, the reconnaissance UAVs' entry time and entry points into the area of interest are selected. It depends on the fuel saving and on the possibility to cover most of interest zones by the available amount of reconnaissance UAVs. While the UAV reconnaissance team is accomplishing its objective, the UAV assault group's route is being created. It is being done taking into account the large turning radiuses necessity and flight safety, as well as zones of possible launch areas by the aiming points' range of engagement criterion. The real time route correction is performed basing on fuel consumption minimizing and the trajectory safety. In case of units' loss, the problem of aim distribution is being solved within the remaining group units.

The assault UAVs route planning problem solution is the result of the group's barrage over the area of interest. The decision is based on information that comes from all reconnaissance UAVs. The planning solution includes the selection of a specific point, course and time of the missiles release, as well as the target distribution between UAVs.

Экспериментальное исследование работы двухрежимного электрогидравлического привода с комбинированным регулированием скорости с инерционной нагрузкой

Найденов А.В., Алексеенков А.С.
МАИ, г. Москва

В результате современного развития авиации и концепции полностью электрического самолета наиболее актуальным в области систем приводов становится изучение возможности перехода от централизованной гидравлической системы к другим источникам питания. Одним из вариантов такого развития на настоящий момент являются двухрежимные приводы. Объект исследования в данной работе - двухрежимный электрогидравлический рулевой привод ДРП-1 – первый в России макетный образец рулевого привода с комбинированным регулированием скорости. В отличии от зарубежных аналогов в нем реализован принцип комбинированного регулирования скорости в автономном режиме его работы, что позволяет обеспечивать высокие динамические характеристики в области малых амплитуд входных сигналов.

Цель данной работы – проверить влияние инерционной нагрузки на динамические характеристики нового привода, а также показать возможность дальнейшего развития систем приводов в направлении более электрического самолета.

В процессе работы были проведены теоретические и практические исследования динамических характеристик привода ДРП-1 при наличии на его выходном звене инерционной нагрузки, проанализированы его достоинства и недостатки, а также предложены пути по улучшению его динамических характеристик.

Теоретические и экспериментальные исследования динамики ДЭГРП показали, что наличие инерционной нагрузки на выходном звене привода не оказывает значительного влияния на его динамические характеристики при работе в основном режиме с дроссельным регулированием скорости. При работе ДЭГРП в автономном режиме с

присоединенной инерционной нагрузкой наибольшее влияние инерционная нагрузка оказывает на характеристики в области малых перемещений выходного звена.

Полученные результаты и проведенные ранее исследования показывают, что возможности привода с комбинированным регулированием скорости позволяют обеспечивать необходимые выходные характеристики. При этом возможность подстройки перепада давления на клапане реверса делает привод адаптивным.

На основании проведенных исследований сделаны выводы, что двухрежимные электрогидравлические рулевые приводы с комбинированным регулированием скорости в резервном режиме работы (ДЭГРП-КРС) по совокупности параметров являются перспективным направлением развития исполнительных механизмов систем управления самолетов с повышенной степенью электрификации бортовых систем.

Experiment research of the aircraft hydraulic actuator with combined speed regulation at inertial load

Naydenov A.V., Alekseenkov A.S.
MAI, Moscow

Because of the modern development of aviation and the concept of a fully electric aircraft, the most relevant in the field of actuators systems is the study of the possibility of transition from a centralized hydraulic system to other power sources. One of the options for this development now are dual-mode actuators. The object of the study presented in this paper is the dual-mode electro-hydraulic actuator (DEHA) DRP-1, which is the first prototype of the actuator with combined speed regulation in Russia. The implementation of the principle of combined speed regulation in autonomous mode is DRP-1 peculiarity versus foreign analogues. That allows providing high dynamic performance in the small amplitudes range of the input signals.

The purpose of this study is to verify the influence of the inertial loads on the dynamic characteristics of the new actuator and present the possibility of further development of actuator systems towards a more electric aircraft.

In the framework of this study both theoretical and practical research of dynamic characteristics of the actuator DRP-1 at the inertia load on the output component, analyzed its strengths and weaknesses, and suggests ways to improve its dynamic performance.

The theoretical and experimental research of the dynamics of DEHA showed that the presence of an inertial load on the output link of the actuator does not have a significant effect on its dynamic characteristics when operating in native mode with throttling speed regulation. The inertial loading has the greatest effect on characteristics in the small amplitudes range of the input signals in autonomous mode DEHA at the inertia load on the output component.

The obtained results and the previous studies have shown that the ability of the DEHA with combined speed regulation provide characteristics required for the flight control tasks. The adjustable differential pressure valve of the reverse makes the actuator more responsive.

On the basis of the conducted research it is concluded that on set of parameters the dual-mode electro-hydraulic actuators with combined speed regulation in the standby mode (DEHA-CSR) is the promising direction of control systems actuators development for high degree electrification aircraft.

Разработка информационного обеспечения, реализующего возможности применения системы конечного наведения в задачах навигации на маршруте БЛА

Пиндюрина М.О.
МАИ, г. Москва

Для решения задач навигации современные БПЛА зачастую используют спутниковые навигационные системы. Такие системы позволяют достаточно точно и надёжно определять параметры движения БПЛА, но обладают рядом существенных недостатков: малая мощность навигационного сигнала и, как следствие, высокая вероятность неустойчивого приёма спутникового сигнала; а также низкая помехозащищённость в том

числе в силу быстрого совершенствования технических средств и методов радиоэлектронной борьбы.

Возникает необходимость использования другой системы для надёжного и высокоточного решения задачи навигации в процессе полёта.

В настоящее время значительно улучшаются характеристики приёмников излучения и снижается их стоимость. В этой связи предлагается использовать в качестве дополнительного источника систему конечного наведения (СКН). Большинство данных систем пассивны, что позволяет БПЛА оставаться незамеченным для противника, и, как правило, уже имеются на борту, что позволяет не менять уже имеющиеся состав бортовой аппаратуры и конструкцию БПЛА для решения задачи навигации без использования СНС.

Таким образом, актуальной задачей является разработка алгоритма решения навигационной задачи с помощью системы конечного наведения на траектории полёта в зонах коррекции в режиме реального времени.

Разработан алгоритм вычисления поправок к базовому навигационному решению. Суть данного алгоритма состоит в следующем: по базовому навигационному решению и текущим оценкам его точности, на борту БЛА, из базы данных зоны полета выбирается эталонное изображение сцены подстилающей поверхности, одновременно при помощи системы конечного наведения формируется текущее изображение сцены. Далее производится сравнение эталонного изображения с текущим, производится распознавание характерных объектов, вычисляются собственные координаты БПЛА и формируются поправки к базовому навигационному решению.

Важной особенностью основанного на использовании системы конечного наведения навигационного алгоритма является то, что благодаря серии снимков, полученных с помощью СКН в течение полёта над оптической зоной коррекции, удается сформировать не только высокоточные поправки координат, но и поправки к скорости и азимуту траектории полёта БЛА.

Development of information support that implements the possibilities of using the final stage guidance system in navigation problems on the UAV route

Pindiurina M.O.
MAI, Moscow

To solve navigation problems, modern UAVs often use satellite navigation systems. Such systems allow to accurately and reliably determine the parameters of the UAV movement, but have a number of significant disadvantages: low power of the navigation signal and, as a consequence, a high probability of an unstable receiving of the satellite signal; as well as low noise immunity, including due to the rapid improvement of technical means and methods of electronic warfare.

There is a need to use another system for reliable and high-precision solution of the navigation task in the flight process.

At present, the characteristics of radiation receivers are significantly improved and their cost is reduced. In this regard, it is proposed to use the final stage guidance system as an additional source. Most of these systems are passive, which allows UAVs to remain unnoticed for the enemy, and, as a rule, are already on board, which allows not to change the already existing on-board equipment and the UAV design to solve the navigation problem without using the SNS.

Thus, the actual task is the development of the algorithm for solving the navigation problem with the help of a finite guidance system on the flight path in the correction zones in real time.

An algorithm for calculating the corrections to the basic navigation solution is developed. The essence of this algorithm is the following: based on the basic navigation solution and current estimates of its accuracy, onboard the UAV, a reference image of the scene of the underlying surface is selected from the database of the flight zone, while the current scene image is formed with the help of the final guidance system. Then, the reference image is compared with the current image, the characteristic objects are recognized, the UAV's own coordinates are calculated and corrections are made to the basic navigation solution.

An important feature of the navigational algorithm based on the use of the final guidance system is that due to a series of images obtained with the help of final stage guidance system during the flight over the optical correction zone, it is possible to generate not only high-precision corrections of coordinates but also corrections to the velocity and azimuth of the UAV flight trajectory.

О влиянии вибрационных воздействий на параметры волновой передачи с промежуточными телами качения

Подшибнев В.А., Самсонович С.Л.
МАИ, г. Москва

Одним из наиболее перспективных в настоящее время направлений развития приводной техники является разработка электромеханических приводов (ЭМП), входящих в систему управления летательных аппаратов. Использование ЭМП взамен в электрогидравлические приводы позволяет снизить массу, стоимость изготовления и эксплуатации системы управления в целом. Эти факторы во многом достигаются за счет типа используемой механической передачи, к которой предъявляются высокие требования по массогабаритным показателям, по крутильной жесткости, точности и надежности.

Известно, что волновая передача с промежуточными телами качения (ВПТК) обладает минимальными удельными масса-габаритными показателями по сравнению с другими типами механических передач [1].

Разработаны методики прочностного расчета элементов ВПТК [2,3]. По результатам этих работ авторами составлена динамическая модель ВПТК [3].

Однако, известные модели не позволяют исследовать влияние вибраций на характеристики ЭМП. Известны работы зарубежных авторов, в которых рассматриваются напряжения, возникающие в передачах с многопарным зацеплением при воздействии вибраций [4,5]. К таким передачам относится ВПТК. В данной работе рассматривается ВПТК как система, состоящая из нежестких тел, контакт которых описывается упругим люфтом и ударами, возникающими за счет зазоров в передаче. Область и величина напряжений, возникающих в передаче во время работы, определяет ее надежность и долговечность. Следовательно, использование известных методик прочностного расчета при составление динамической модели ВПТК с учетом воздействия ударов и вибраций являются актуальными задачами.

В ходе работы сделано допущение, что тела качения, расположенные в гнездах сепаратора, совершают упругие удары о поверхности волнообразователя, жесткого колеса и стенки гнезд сепаратора под действием вибрационных воздействий. Вибрационная прочность элементов ВПТК определяется частотой и силой этих ударов.

Таким образом, разработка методики расчета ВПТК на вибрационную прочность и составление динамической модели ВПТК являются актуальными задачами.

Литература:

1. В.С. Степанов. «Методика проектирования привода на основе волновой передачи с телами качения» диссертация кандидата технических наук: 05.02.02 / [Место защиты: Моск. гос. авиац. ин-т]. - Москва, 2009.

2. Крылов Н.В. «Исследование жесткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического силового привода.

On the influence of vibration effects on the parameters of the harmonic gear with rolling elements

Podshibnev V.A., Samsonovich S.L.
MAI, Moscow

One of the most promising directions of the development of drive technology is the development of electromechanical actuators. The use of electromechanical actuator in place of electrohydraulic actuators reduces the weight, cost of manufacturing and operation of the control system as a whole. These factors are largely achieved due to the type of mechanical transmission

used, to which high demands are imposed on mass-size indicators, on torsional stiffness, accuracy and reliability.

It is known that the harmonic gear with rolling elements has minimal specific mass-dimensions compared to other types of mechanical transmissions.

The methods of strength calculation of the harmonic gear elements have been developed. Based on the results of these studies, the authors compiled a dynamic model of the harmonic gear.

There are known works by foreign authors, in which stresses occurring in transmissions with multi-pair engagement under the action of vibrations are considered. In this paper, the harmonic gear is considered as a system consisting of nonrigid bodies, the contact of which is described by elastic play and shocks arising from the clearances in the transmission. The area and magnitude of the stresses occurring in the transmission during operation determine its reliability and durability. Consequently, the use of known methods of strength calculation in the compilation of the dynamic model of the harmonic gear considering the impact of impacts and vibrations are topical problems.

While the work, it was assumed that the rolling elements located in the separators' nests make elastic impacts on the surface of the wave former, the rigid wheel and the wall of the separator sockets under the action of vibrational influences. The vibrational strength of the harmonic gear elements is determined by the frequency and strength of these impacts.

Thus, the development of the methodology for calculating the harmonic gear for vibrational strength and the dynamic model of the harmonic gear is an urgent task.

Перспективы внедрения модуля автоматизированной фермы гидропонного типа в систему жизнеобеспечения колониальной базы

Полторак Д.С., Вергелис К.С., Тупицын А.В., Сикриер А.В.
МАИ, г. Москва

С того времени как первый человек вошёл в космическое пространство, человечество постоянно задумывается о покорении ближайших к Земле небесных тел: Марса и Луны. В настоящее время ведутся активные проектные и исследовательские работы, направленные на изучение возможности их колонизации. В связи с этим особенно остро стоит вопрос жизнеобеспечения будущих колонистов, находящихся на столь отдалённом расстоянии от Земли.

Важной проблемой, связанной с существованием человека вдали от Земли, является непосредственная зависимость от поставок жизненно необходимых ресурсов. Одним из таких ресурсов является продовольствие. Доставка продовольствия на дальние расстояния, по ряду технических и экономических причин, нецелесообразна. Именно поэтому мы считаем, что всё необходимое пропитание колонисты должны выращивать «на месте».

В качестве решения данной проблемы предлагается создание модуля автоматизированной фермы гидропонного типа, которая позволяет использовать «безземельный метод».

Целесообразность использования этого метода обуславливается:

• Отсутствием земельных ресурсов;

• Компактностью размещения;

• Использованием в качестве основного «рабочего» ресурса воды, которую можно «обновлять» с помощью систем фильтрации и обогащения минеральными веществами до прежней питательной способности.

Концепт устройства фермы представляет собой один или несколько рядов посадочных мест под растения, обладающих общей системой циркуляции питательного раствора и объединённых в единую сеть автоматизированного управления, в которой пользователь выбирает тот вид растения, который ему необходим. На этом основании строится необходимый для роста растений алгоритм работы.

В настоящее время разработан и успешно протестирован прототип установки на базе платформы Arduino. Доказана правильность хода работы и большой потенциал в разработке проекта.

Преимуществом такого технического решения станет полная автономность получения необходимых растений. Унификация общей конструкции фермы для выращивания большего числа культур, в совокупности с автоматизированным управлением общими параметрами среды роста (таких как влажность, температура, режим освещения и т.д.) и существенно сокращенным временем выращивания – это те характеристики, которые позволят эффективно и своевременно пополнять рацион колонистов.

Prospects for the introduction of the module of an automated hydroponic type farm into the life support system of the colonial base

Poltorak D.S., Vergelis C.S., Tupicyn A.V., Sikrier A.V.
MAI, Moscow

Since the first man entered into outer space, mankind constantly thinks about the conquest of the celestial bodies closest to the Earth: Mars and the Moon. Currently, active design and research work is underway to study the possibility of their colonization. In this connection, the issue of livelihood of future colonists located at such a remote distance from the Earth is especially acute.

An important problem related to the existence of a person far from the Earth is the direct dependence on the supply of vital resources. One such resource is food. Delivery of food over long distances, for a number of technical and economic reasons, is not expedient. That is why we believe that the colonists should grow all the necessary food in their place.

As a solution to this problem, it is proposed to create a module of an automated hydroponic type farm, which allows using the "landless method".

The expediency of using this method is determined by:

• Lack of land resources;

• Compactness of accommodation;

• Using as the main "working" resource of water, which can be "updated" with the help of filtration and mineral enrichment systems to the previous nutritional capacity.

The concept of a farm device is one or more planting rows for plants that share a common nutrient solution circulation system and are integrated into a single automated control network in which the user selects the kind of plant that he needs. On this basis, the necessary algorithm for plant growth is constructed.

At present, a prototype of the Arduino-based installation has been developed and successfully tested. Proved the correct course of work and great potential in the development of the project.

The advantage of such a technical solution will be a complete autonomy of obtaining the necessary plants. Unification of the overall design of the farm for growing a larger number of crops, in conjunction with the automated management of the overall parameters of the growth environment (such as humidity, temperature, lighting, etc.) and significantly shortened cultivation time are those characteristics that will allow replenishing efficiently and in a timely manner ration of the colonists.

Учет нежесткости конструкции бортового оптического прибора в высокоточной системе автоматического сопровождения

Рожнин Н.Б., Шеваль В.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время большое практическое применение находят авиационные комплексы, основную функциональную (целевую) задачу в которых решают оптические приборы с узкими полями зрения, отслеживающие заданные подвижные технические объекты (воздушные и наземные). Дополнительные возможности использования бортовых оптических приборов (БОП) возникают при их размещении на легких (с весом от 1 кг до

20 кг) беспилотных летательных аппаратах вертолетного типа – мультикоптерах, например, в задачах создания системы подвижной оптической связи с гибкой конфигурацией.

Одним из основным критериев оценки эффективности подобных авиационных комплексов, представляющих в основном рабочем режиме систему автоматического сопровождения (САС), является точность сопровождения. Как показано в работе, в структурном плане рационально использовать возможности системы управления полетом мультикоптера (автопилот) при его согласованной работе вместе с системой управления следящего привода (СП), осуществляющего угловые перемещения поля зрения БОП. Но в этом случае большое влияние на точность сопровождения начинает оказывать нежесткость конструкций легкого мультикоптера и крепления к нему БОП, которая обязательно должна учитываться при создании высокоточных бортовых САС.

В настоящей работе рассматривается двухканальная САС. При написании уравнений движения её подвижных частей (привода и мультикоптера) относительно цели учитывается нежесткость конструкции, как источник случайного помехового воздействия на визирную ось БОП. В результате в рассмотрение вводится структура, включающая в себя как источники колебательных механических возмущений (коррелированных или некоррелированных с полетом мультикоптера), так и целенаправленно проектируемые «гасители» таких возмущений (амортизаторы).

В настоящей работе проанализированы альтернативные варианты построения регуляторов двухканальной САС по критерию достижения наилучшей точности с учетом ограничений на плавность углового перемещения поля зрения БОП. В результате проведения имитационных исследований (на математической модели рассматриваемой бортовой САС) практически показана методика структурного анализа и доказана возможность получения рациональных структур САС как в классе линейных, так и нелинейных регуляторов.

Также в настоящей работе предложена математическая модель для проведения имитационных экспериментов и осуществления анализа их результатов. Работа иллюстрируется большим количеством эпюр по результатам имитационных экспериментов с рассматриваемыми реальными факторами.

Considering of not rigidity of a design of the onboard optical device in high-accuracy automatic tracking system

Rozhnin N.B., Sheval V.V.
MAI, Moscow

Currently, aviation complexes have wide practical application. Optical devices with narrow fields of view tracking given mobile technical air and land objects solves the main mission in such complexes. Additional possibilities of onboard optical devices (OOD) using are coming when they are placed on light (from 1 to 20 kg) RUAVs, for example, for design problems of mobile optical link system with flexible configuration.

One of the primary efficiency criterions of such aviation complexes, which are automatic tracking system (ATS) in main operation mode, is tracking accuracy. As shown in, it’s structurally rational to use opportunities of flight controls when it has concerted work with feedback actuator (FA) controls driving angular displacements of OOD. However, in that case not rigidity of a design of light RUAV and OOD bracing to it are started to influence on tracking accuracy which must be taken into consideration while design of high-accuracy onboard ATSs.

In present work, dual-channel ATS is observed. Not rigidity of a design is considered as source of accidental interference on sighting axis of OOD while writing the equation of motion of ATS moving parts (actuator and RUAV). Consequently, structure which includes both sources of mechanical oscillatory disturbances, correlated or uncorrelated with flight, and purposefully designed absorbers (dampers) is taken into considerations.

In this paper, alternative variants of dual-channel ATS controllers design according to best accuracy criterion considering limitation of angular displacement smoothness of OOD observing

line are analyzed. As a result of carrying out the researches (according to math model of present onboard ATS), structural analysis methods are introduced and possibilities of rational ATS structures obtaining both with linear and non-linear controllers are presented.

Recommendations for carrying out structural researches of present onboard ATS considering other factors (functional, technological, apparatus) which significantly influence on ATS accuracy (for instant, for using of real measured and restored parameters of present controls) are represented.

Also math model for carrying out simulation experiments and implementing of results analysis is offered. This work is illustrated with plenty of plots that are result of simulation experiments with real factors of surroundings.

Перспективные способы повышения надежности и отказобезопасности систем управления летательных аппаратов

Савельев А.С., Неретин Е.С.
МАИ, г. Москва

Проектирование самолетов и систем гражданской авиации должно обеспечить требуемые уровни надежности и отказобезопасности. Системам, отказ которых может повлечь за собой аварийную или катастрофическую ситуацию, назначается соответствующий уровень гарантии разработки системы – Function Development Assurance Level (A или B). Согласно определенному уровню критичности и определенной на этапе предварительной оценки безопасности системы архитектуре системы назначаются соответствующие уровни гарантии разработки на элементы данной системы – Item Development Assurance Level. С целью понижения уровня гарантии разработки элементов систем, используется резервирование систем, что приводит к повышению надежности и отказобезопасности.

Резервирование однородных элементов осуществляется с учетом текущих показателей надежности, логикой формирования достоверных сигналов и алгоритмами. В случае наличия n идентичных элементов системы в архитектуре, основной режим управления при применяющихся в настоящее время способах кворумирования обеспечен вплоть до (n-1)-го отказа. Это вызвано тем, что в случае последовательных отказах может возникнуть такая ситуация, при которой произойдет расхождение двух каналов одноименного сигнала более порога сравнения. В таких случаях, используя логику перехода к реконфигурационным значениям, сигнал восстанавливается по исправным (например, положение механизации крыла).

Предлагаемый метод перспективного кворумирования сигналов основан на введении параметра достоверности, основанного на предыстории показаний канала.

Увеличение надежности и отказобезопасности обеспечивается увеличением количества необходимого минимального работоспособного оборудования до одного.

Метод не может использоваться как универсальный. Для каждого сигнала необходим поиск своих закономерностей, фильтров и порогов сравнения. Однако математическое моделирование дало положительные результаты в части возможности восстановления исправного сигнала в случае расхождения по типу 1x1. Использование данных сигналов на практике во встроенных системах контроля оправдано в системах, обладающих реконфигурационным значениями, т.к. именно на основе сравнения с этим сигналом будет возможно продолжение полета по одному каналу сигнала. Примером может служить отказ сигнала угла скольжения – при реконфигурации он принимается равным нулю. Однако при возможности управления хотя бы по одному каналу данного сигнала, работа алгоритмов будет точнее и качественнее.

Promising ways to improve the reliability and safety of aircraft control systems

Savelev A.S., Neretin E.S.
MAI, Moscow

Design of civil aircrafts and aviation systems should provide the reauired levels of reliability and safety. For systems which has catastrophic (CAT) or hazardous (HAZ) failures are assigned the appropriate Function Development Assurance Level (FDAL) – A or B. According to a certain level of criticality and defined architecture of the system at the stage of Preliminary System Safety Assessment (PSSA) appropriate Item Development Assurance Level (IDAL) for elements of system. With the aim of reducing IDAL, redundancy is used. This leads to increased reliability and safety.

Redundancy of homogeneous elements is carried out considering the current reliability indicators, the logic of the formation of reliability indicators, the logical of the formation of reliable signals and algorithms. In the case of n identical system elements in the architecture, the basic control mode with the currently used quorum is provided up to (n-1)-th failure. This is due to the fact that in the case of successive failures, a situation may occur in which the two channels of the same signal will differ from the threshold of comparison. In such cases, using the logic of transition to reconfiguration values, the signal is restored by correct signals (for example, the position of the mechanization of the wing).

The proposed method of prospective signal quorum is based on the introduction of a veracity parameter based on the history of the channel readings.

Increase of reliability and safety is ensured by increasing the number of required minimum operating equipment to one.

This method cannot be used as a universal method. For each signal, you need to find your own patterns, filters, and comparison thresholds. However, mathematical modeling has yielded positive results with regard to the possibility of restoring an effective signal in the case of a discrepancy of the type 1x1. The use of these signals in practice in embedded monitoring systems is justified in systems with reconfiguration values, since it is on the basis of comparison with this signal that it will be possible to continue the flight along one signal channel. An example is the failure of a slip angle signal - it is assumed to be zero when reconfiguring. However, if it is possible to control at least one channel of this signal, the work of the algorithms will be more accurate and more qualitative.

Система удержания положения БЛА относительно метки

Садыкова Л.И., Гончаревич А.А., Матвеева А.В., Фролова Д.В.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы является создание системы, позволяющей реализовать удержание положения беспилотного летательного аппарата (БЛА) над меткой, в качестве которой выступает QR-код. Задачами этой системы являются определение текущих координат БЛА относительно метки и, при необходимости, коррекция текущего положения до требуемого. Система состоит из следующих элементов:

- Видеокамера, которая фиксирует визуально видимое пространство под БЛА и передает изображение в блок обработки;
- Блок обработки изображения, который реализует алгоритмы поиска метки и определения текущих относительных координат БЛА и передает полученные координаты в блок управления;
- Блок управления БЛА, который уменьшает рассогласование между текущим и требуемым положением БЛА при помощи управляющих воздействий.

Блок обработки изображения состоит из камеры и бортового контроллера, на котором реализован алгоритм анализа изображения. Для определения координат метки изображение, получаемое с помощью камеры, преобразуется с использованием пороговой сегментации [1] в бинарный вид. На полученном в результате бинаризации изображении с помощью библиотеки алгоритмов компьютерного зрения OpenCV выделяется контур метки, затем внутри полученного контура выделяются три квадрата, которые

используются в качестве опорных точек, с помощью которых определяются координаты БЛА относительно метки.

Полученные в результате обработки изображения текущие координаты БЛА используются для определения рассогласования с требуемым положением. Это рассогласование используется для вычисления необходимого управления методом пропорционального регулирования. После этого полученное управление передается на автопилот БЛА для реализации управления. Передача осуществляется посредством пакета MAVROS фреймворка ROS, который взаимодействует с программным обеспечением автопилота через протокол MAVLink.

Результатом настоящей работы является функциональная модель, которая служит прототипом системы, реализующей описанные выше алгоритмы обработки изображения и управления.

The system of holding the position of the UAV relative to the mark

Sadykova L.I., Goncharevich A.A., Matveeva A.V., Frolova D.V.
MAI, Moscow

The purpose of this work is to create a system that allows you to realize the retention of the position of the unmanned aerial vehicle (UAV) over the mark, which is the QR code. The tasks of this system are to determine the current coordinates of the UAV relative to the mark and, if it is necessary, to correct the current position to the required one. The system consists of elements:

• A video camera that captures the visually visible space under the UAV and transmits the image to the processing unit;

• Image processing unit that implements the algorithms for searching for the mark and determining the current relative coordinates of the UAV and transfers the obtained coordinates to the control unit;

• The UAV control unit that reduces the mismatch between the current and the required UAV position using control actions.

The image processing unit consists of a camera and an onboard controller that implements an image analysis algorithm. To determine the coordinates of the mark, the image obtained using the camera is converted using a threshold segmentation [1] into a binary form. On the image obtained as a result of binarization using the library of computer vision algorithms OpenCV, the contour of the mark is selected, then three squares are selected inside the resulting contour, which are used as reference points, which determine the coordinates of the UAV relative to the mark.

The resulting UAV coordinates are used to determine the mismatch with the desired position. This mismatch is used to calculate the necessary control of the proportional control method. After that, the resulting control is transferred to the UAV autopilot for control implementation. The transfer is carried out via the MAVROS package of the ROS framework, which interacts with the autopilot software via the MAVLink protocol.

The result of this work is a functional model that serves as a prototype of a system that implements the image processing and control algorithms described above.

Программная реализация математической модели расчета аэродинамических характеристик на стадии предэскизного проектирования

Светлаков С.М.
ГосМКБ «Вымпел», г. Москва

В работе представлены результаты разработки математической модели аэродинамических сил и моментов авиационной управляемой ракеты и программная реализация этой модели в виде пакета прикладных программ с целью расчетной оценки аэродинамического облика ракеты на этапе предэскизного проектирования. В основе используемой методики лежит последовательность эмпирических формул, представленных в источнике, как графические зависимости. Для возможности реализации их в программном коде, последние были оцифрованы и в дальнейшем аппроксимированы кусочно-линейными функциями. Реализованная программа позволяет пользователю

проводить на ранних стадиях проектирования расчетную оценку аэродинамических характеристик ракеты различных аэродинамических компоновок и различных геометрий корпуса и несущих поверхностей.

Основное достоинство предложенного пакета – существенная экономия времени проектирования в сравнении с использованием других программных пакетов. Реализация такой математической модели избавляет от необходимости численного моделирования аэродинамического облика ракеты с использованием сложного и трудоемкого программного обеспечения (например, Ansys), требующего сеточного представления объекта исследования.

Для подтверждения достоверности получаемого результата проведена верификация с данными, полученными в результате продувок летательного аппарата, типа «воздух-земля», в аэродинамических трубах. Показано, что разработанный программный код позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью – погрешность до 5 %, определять аэродинамические коэффициенты в диапазоне углов атаки $\alpha<20°$ и углов отклонения рулей $\delta<20°$.

Разработанная программная реализация методики позволяет включить ее отдельным модулем в процесс комплексного проектирования ракет, что в свою очередь, позволит осуществить рациональную аэродинамическую компоновку изделия путем итерационного сближения с другими модулями для достижения требуемой точности решения обратной задачи, а именно определение аэродинамического облика летательного аппарата, удовлетворяющего оптимальному критериальному значению в рамках заданных ограничений.

Software implementation of the mathematical model to calculate missile aeroperformance at the stage of a feasibility study

Svetlakov S.M.
Vympel, Moscow

The paper presents the results on developing a mathematical model of aerodynamic forces and moments on an aircraft missile, as well as this model software implementation as a package of applications, to estimate the conceptual aerodynamic structure of a missile at the stage of its feasibility study. The methods used are based on the sequence of empirical formulas presented in the source, as graphical dependencies. To implement them in a program code, the latter were digitized and later approximated by piecewise linear functions. This program allows the user to calculate an estimate aeroperformance for a missile with changing aerodynamic configurations and various geometries of the airframe and lifting planes.

The primary advantage of the proposed package, compared with other software packages, is significant time savings in the design period. This mathematical model implementation makes now unnecessary the numerical modeling of the missile conceptual design, using complicated and time-consuming software (for example, Ansys), which requires a grid representation of an investigated object.

To validate reliability of the results obtained, verification was carried out using the data resulting from blowing aerial vehicles, like air-to-surface missiles, in wind tunnels. It is shown that the developed software code provides sufficient accuracy for engineering calculations - an error is up to 5%, to determine aerodynamic coefficients for angles of attack in the range of 20° and 8 <20° for moving fins deflection angles.

The developed methods of software implementation makes it possible to include it as a separate module in the process of integrated missile design, which in turn will allow for rational aerodynamic layout of the product by iterative approaching to other modules in order to achieve the required accuracy of the inverse problem solution, namely, the conceptual design of the aerial vehicle to comply with the optimal ccriteria value within the given limits.

Параметрический синтез стохастических моделей систем управления беспилотных летательных аппаратов

Синявская Ю.А.
МАИ, г. Москва

Функционирование сложной автоматической системы происходит при действии различных случайных задающих и управляющих сигналов, а также случайных возмущений. Поэтому процессы, протекающие в этих системах, являются случайными и, следовательно, для решения задач синтеза и анализа таких систем необходимо рассмотрение их стохастических моделей. Стохастическая постановка задачи предполагает знание априорной статистической информации о случайных факторах, влияющих на работу систем управления, поэтому, предполагается, что априорная статистическая информация о случайных воздействиях может быть получена.

В качестве модели системы управления рассматривается модель контура стабилизации (автопилота), включающего в свой состав электрический следящий привод, как исполнительное устройство. Стохастическая математическая модель позволяет вводить функциональные ограничения и критерии качества, определяющие значения векторов оптимизируемых параметров системы управления и исполнительного устройства, что имеет особое значение на этапе определения обликовых характеристик подсистем системы управления, которые, в дальнейшем, могут рассматриваться в качестве функциональных ограничений при проектировании данных подсистем.

Критерием стохастической задачи оптимального синтеза автопилота является вероятностный критерий: максимум вероятности успешного свершения событий. Стохастическая постановка задачи оптимального синтеза автопилота заключается в определении таких реализаций векторов параметров автопилота и исполнительного устройства, которые доставляли бы максимум стохастическому критерию при воздействии на систему вектора входных сигналов в форме нестационарных случайных процессов. Решение данной задачи выполняется на базе метода оптимизации стохастических систем – неградиентного случайного поиска с непрерывной адаптацией.

Представленный подход к решению задачи оптимального параметрического синтеза стохастической модели автопилот и рулевого электропривода позволяет: рассматривать стохастическую математическую модель автопилота любой сложности; рассматривать входные воздействия на контур автопилота в форме нестационарных случайных процессов; формировать вектор событий, согласно различным критериям задачи проектирования; выполнять уточнение результатов оптимального синтеза автопилота и рулевого электропривода, полученных при детерминированной постановке задачи проектирования; представить результат оптимального параметрического синтеза в форме, удобной для дальнейшего использования при проектировании подсистем автопилота.

Parametrical synthesis of stochastic models of control systems of an unmanned aerial vehicle

Sinyavskaya Y.A.
MAI, Moscow

The automatic control system functioning occurs under the action of various random reference and control signals, as well as random perturbations. Therefore, the processes occurring in these systems are random and, therefore, it is necessary to consider their stochastic models in order to solve the problems of synthesis and analysis of such systems. The stochastic formulation of the problem assumes knowledge of a priori statistical information about random factors affecting the operation of control systems, therefore, it is assumed that a priori statistical information about random effects can be obtained.

As a model of a control system, a model of a stabilization contour (autopilot), which includes an electric servo drive as an actuator, is considered. The stochastic mathematical model allows you to enter functional limitations and quality criteria that determine the values of the control system parameters vectors and actuator parameters that are optimized, which is of

particular importance at the stage of determining the appearance characteristics of the control system subsystems, which can later be considered as functional limitations when designing these subsystems .

The criterion for the stochastic problem of optimal autopilot synthesis is a probabilistic criterion: the maximum probability of successful completion of events. The stochastic formulation of the problem of the optimal autopilot synthesis is determining such realizations the autopilot and actuator parameters vectors that would deliver the maximum to the stochastic criterion when the vector of input signals is presents in the form of non-stationary random processes.

The solving of the problem of optimal parametric synthesis of the autopilot and electric servo drive stochastic models allows you to: consider the stochastic mathematical model of the autopilot of any complexity; consider input signals on the autopilot contour in the form of non-stationary random processes; create an event vector according to various criteria of the design problem; perform the clarification of the results of the optimal synthesis of the autopilot and the electric servo drive, obtained with a deterministic formulation of the design problem; to present the result of optimal parametric synthesis in a form convenient for further use in the design of autopilot subsystems.

Лабораторный учебный стенд для исследования свойств одноосного двухколёсного робота

Столяров Я.В., Никитенко И.А., Махнёв В.Н.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы является создание лабораторного учебного стенда с применением разработанного опытного образца двухколесного балансирующего робота на основе его математической модели и системы автоматического управления, описанных в предыдущем докладе [1]. Робот представляет собой одноосное транспортное средство, платформа которого имеет верхнюю маятниковость и поэтому всё время находится в неустойчивом положении. Стабилизация платформы относительно плоскости горизонта осуществляется за счёт непрерывной подачи моментов на колёса. Отклонение платформы от этой плоскости измеряется при помощи инерциальных датчиков, по сигналам с которых формируется управление электродвигателями колёс. Во время движения платформа робота под воздействием сил инерции отклоняется в сторону, противоположную направлению движения, поэтому для стабилизации платформы система управления для компенсации инерционных сил предусматривает дополнительный наклон платформы в направлении его движения[2]. Изготовлен опытный образец робота, корпус которого выполнен из пластика и распечатан на 3-D принтере. На корпусе установлены два приводных двигателя постоянного тока, бортовой вычислитель Arduino Uno, инерциальные датчики – микромеханические гироскопы и акселерометры. Отличительной особенностью конструкции является простота изготовления и модульность структуры - возможность заменять отдельные модули (датчики, двигатели). Созданное программное обеспечение также имеет модульную структуру. Из разработанных блоков-подпрограмм можно формировать различные законы управления движением робота и способы обработки измерений инерциальных датчиков. Такой подход позволяет формировать различные задания для исследования отдельных систем робота в учебном процессе. Разработанный лабораторный стенд включает управляющий компьютер с набором обучающих программ, собственно робота и методические указания по выполнению заданий.

1. Никитенко И.А, Столяров Я.В. Разработка малогабаритного двухколёсного балансирующего робота, Материалы конференции «Гагаринские чтения» 2018, Том 2, стр. 31.

2. Максимов В.Н., Черноморский А.И. Система управления неголономным одноосным колесным модулем для мониторинга геометрических параметров аэродромных покрытий// Изв. РАН ТиСУ. 2015. №3.С. 156-167.

Laboratory stand for uniaxial two-wheeled robot properties research

Stolyarov Y.V., Nikitenko I.A., Makhnev V.N.
MAI, Moscow

In this work we discuss the creating of the laboratory training stand using the developed prototype of a two-wheel balancing robot based on its mathematical model and automatic control system described in the previous article. The robot is a uniaxial vehicle, the platform of which has an upper pendulum and is therefore in an unstable position all the time. The platform is stabilized with respect to the horizon plane by means of a continuous feed of the torques to the wheels. The deviation of the platform from this plane is measured by inertial sensors, on the signals from which the control of the electric motors of the wheels is formed. During the movement, the platform of the robot is deflected under the influence of inertia forces in the direction opposite to the direction of motion, so to stabilize the platform, the control system for compensation of inertial forces provides for an additional inclination of the platform in the direction of its motion. A prototype of a robot is made, the plastic body is printed on a 3-D printer. On the case there are two direct-current motors, an Arduino Uno onboard computer, inertial sensors - micromechanical gyroscopes and accelerometers. A distinctive feature of the design is the ease of manufacture and modularity of the structure - the ability to replace individual modules (sensors, motors). The created software also has a modular structure. From the developed blocks-subprograms it is possible to form various laws of robot motion control and ways of processing measurements of inertial sensors. This approach allows you to create various tasks for the study of individual robot systems in the learning process. The developed laboratory stand includes a control computer with a set of training programs, the robot itself and methodological instructions for completing tasks.

Сравнительный анализ различных способов построения резервированных электромеханических приводов

Сухих Е.П., Точилкин Н.Е., Подшибнев В.А., Самсонович С.Л.
МАИ, г. Москва

В настоящее время широкое распространение получили системы управления летательными аппаратами (СУ ЛА), включающие в свой состав только электрические источники энергии. Применение электромеханических приводов, входящих в систему управления ЛА, взамен электрогидравлических, позволяет снизить массу системы управления ЛА в целом и удешевить техническое обслуживание. Для такой замены к электромеханическим приводам должны предъявляться высокие требования к надежности и долговечности, так как отказ жизненно-важных органов управления может привести к потере управления и гибели ЛА[1].

На этом основании разработка конструкций резервированных электромеханических приводов в составе СУ ЛА является актуальной задачей.

Проведен анализ существующих систем резервирования электромеханических приводов управления аэродинамическими поверхностями. Рассмотрено сравнение двух схем построения резервированных электромеханических приводов [2], первая из которых представляет собой комплекс приводов, работающих дифференциально на общую нагрузку, с возможностью сцепления и расцепления подвижных элементов, передающих момент исполнительного двигателя на объект регулирования. Вторая схема представляет собой электромеханический привод, включающий в свой состав два исполнительных двигателя, соединенных через дифференциал с общим силовым редуктором и имеющий возможность сцепления и расцепления подвижных элементов, передающих момент исполнительного двигателя на объект регулирования.

Проведенный анализ показал, что вторая приводная система обладает лучшими массогабаритными показателями по сравнению с первой. Удельная мощность больше у привода первой конструкции.

Целью дальнейшей работы является разработка математических моделей данных приводных систем и анализ их динамических характеристик.

Comparative analysis of various ways to build redundant electromechanical actuators

Sukhikh E.P., Tochilkin N.Y., Podshibnev V.A., Samsonovich S.L.
MAI, Moscow

Currently, aircraft control systems are which include only electric power sources are widely distributed. Application of electromechanical actuators instead of electrohydraulic actuators, allows to reduce the weight of the aircraft control system in general and cheapen maintenance. For such a replacement to electromechanical actuators must meet high requirements such as reliability and durability, since the failure of vital organs control can lead to loss of control and crash of the aircraft.

On this basis, the backup electromechanical actuators in the composition aircraft control system is an urgent task. The analysis of existing backup systems electromechanical actuators control aerodynamic surfaces. The comparison of two schemes of construction is considered. Redundant electromechanical actuators, the first of which is a complex of drives operating differentially on total load, with the possibility of coupling and disengagement of moving elements that transmit the moment of the electric motor to the facility regulation. The second scheme is an electromechanical a drive comprising two executive motors, connected through a differential with a common power gearbox and having the possibility of coupling and disengagement of movable elements transmitting the moment of the electric motor on the object of regulation. The analysis showed that the second drive system has best weight and size indicators compared to the first. Unit power is greater with the first drive design. The purpose of further work is the development of mathematical models of drive systems and analysis of their dynamic characteristics.

Интеллектуальная поддержка командира группы истребителей при решении задачи возврата группы к выполнению полетного задания после завершения группового дальнего воздушного боя

[1]Тараненко А.А., [2]Федунов Б.Е.
[1]МАИ, ГосНИИАС, г. Москва

При выполнении группой истребителей почти любой генеральной задачи вылета (ГЗВ) у командира иерархически упорядоченной группы (К-1) возникает задача оперативного сбора группы и оценка ее возможности продолжать выполнение полетного задания (ПЗ).

Такая задача возникает, например, при выполнении иерархически упорядоченной группой (с тремя уровнями иерархии) истребителей (ИС) ГЗВ «Сопровождение воздушных ударных сил», когда командир группы К(ИС)-1 выделил подгруппу (командир выделенной группы К(ИС)-2) для отражения атаки истребителей противника (ИП). После завершения выделенной группой дальнего воздушного боя с истребителями противника К(ИС)-2 получает от экипажей выделенной группы (не всегда одновременно и не всегда от всех!) оценки возможности экипажа (состояние мат /части самолета, состояние экипажа, достаточность расходуемых средств) вернуться к выполнению ПЗ (вернутся в строй ИС) [1]. К(ИС)-2 на основании полученных оценок (не всегда от всех экипажей!) в определенный момент времени должен оценить возможности все выделенной группы продолжить выполнение полетного задания в структуре:

• Сформировать подгруппу, которая по состоянию способна только следовать на аэродром возврата (текущая цель полета подгруппы А), и назначить ей командира К(ИС)-3(1). Для этой подгруппы К(ИС)-2 решил задачу оперативного целеполагания (вмененное оперативное целеполагание для подгруппы А [2]),

• Сформировать подгруппу, которая может продолжить выполнение ПЗ (вернуться в строй ИС). Командиром этой подгруппы остается К(ИС)-2. Он должен подготовить варианты возвращения подгруппы Б в строй ИС и передать их на борт К(ИС)-1 как исходный материал для принятия К(ИС)-1 решения о способе возврата подгруппы Б в строй ИС. Принятое К(ИС)-1 решение он передает на борт К(ИС)-2 для выполнения

(вмененное оперативное целеполагание для командира К(ИС)-2 и способ достижения этой цели [1, 2]),

• Выделить командира К(ИС)-3(2) и поручить ему а) сформировать подгруппу, самолеты которой еще не прислали К(ИС)-2 оценок своего состояния и б) решать задачу оценки возможности возврата подгруппы В к выполнению ПЗ).

В результате Командир К(ИС)-2 решил задачу оперативного целеполагания в описанной выше структуре.

Intelligent support for the commander of a group of fighters in the decision of the task of returning the group to the flight task after the end of a group long-distance air battle

[1]Taranenko A.A., [2]Fedunov B.E.

[1]MAI, [2]GosNIIAS, Moscow

When a group of fighters performs almost any general mission task (GMT), the commander of first level of the hierarchy (K-1) has the task to collect the group operatively and assess the possibility to continue the flight task (FT).

This task arises in the GMT "Escort of air strike forces", when the commander of the group is selected the subgroup (the commander of the second level of hierarchy - the commander of the assigned subgroup) to counteract the enemy fighters. After the end of the group air combat with enemy fighters the second level commander of the hierarchy receives the crew`s assessment (not always simultaneously and not always from all!) of possibilities of the crew (the state of the material component of the aircraft, the condition of the crew, sufficiency of funds spent) to return to the implementation of the FT (to return to escort fighters (EF))[1]. K(EF)-II on the basis of the received estimates (not always from all the crews!) at a certain point in time should evaluate the capabilities of the entire allocated group to continue the flight task in the structure:

• To form a subgroup that by state is only able to follow at the return aerodrome (the current objective of the flight of subgroup A) and assign to it a commander K (EF)-3 (1). For this subgroup, K (EF)-2 solves the task of operational goal-setting (imputed operational goal-setting for the subgroup A [2]);

• To form a subgroup that can continue the implementation of the FA (to return to the EF structure). Commander of this subgroup remains K (EF)-2. He must prepare options for the return of subgroup B to the EF structure and transmit them to the board of K (EF)-1 as the initial material for the adoption of the K (EF)-1 decision on the way the subgroup B is returned to the EF structure. The decision taken by K (IS)-1 he passes to the board of K (EF)-2 for execution (imputed operational goal setting for commander K (EF)-2 and method of achieving this goal [1, 2]);

• To select commander K (EF)-3 (2) and give him the order: a) to form a subgroup whose aircrafts have not yet sent their assessment to K (EF)-2; b) to solve the problem of evaluating the possibility of returning subgroup B to the implementation of the FT.

As a result, Commander K (EF)-2 has solved the task of operational goal-setting in the structure described above.

Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования в процессе создания авиационных робототехнических систем

Титова Е.И., Бернацкий К.С., Беклемищев Ф.С.

МАИ, г. Москва

Проектирование современных авиационных робототехнических систем подразумевает применение сред моделирования и интегрированных в них пакетов для решения прикладных задач. Прочностные расчеты, моделирование сложных процессов, протекающих в гидравлических, пневматических и электрических узлах, интерактивная – легко контролируемая и автоматизированная оптимизация топологии создаваемых систем, а также процессов подготовки производства требуют наличия качественного программно-вычислительного комплекса. При использовании зарубежного программного обеспечения присутствуют этапы адаптации возможностей программы под нормы, предъявляемые

российскими стандартами. Эти этапы определяют процесс импортозамещения логичным и необходимым стремлением к упрощению методов и инструментов, применяемых в нашей стране при создании проектов авиационных робототехнических систем путем исключения указанных этапов.

В данной работе было проведено сравнение функциональных возможностей систем автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks французской компании «Dassault Systems» и её российского аналога – T-Flex CAD компании «Топ Системы». Данное сравнение осуществлено путём создания двух аналогичных моделей авиационного катапультного устройства, а также пакетов технической документации в каждой из систем проектирования соответственно.

При наличии сходств в принципах построения интерфейса систем присутствует ряд различий, таких как очевидная ориентированность модулей САПР T-Flex CAD к подготовке технической документации согласно ЕСКД, что облегчает последующий документооборот. Большая интерактивность, то есть способность к динамическому изменению элементов, T-Flex CAD по сравнению с SolidWorks, а также иная компоновка рабочих блоков по этапам их применения позволяет находить иные подходы к процессу создания модели.

Ориентированный на российский рынок, T-Flex CAD приобретает большую конкурентную способность и в сравнении с зарубежными продуктами программных разработок в области сред моделирования.

Comparative analysis of CAD systems in the process of creating aviation robotic systems

Titova E.I., Bernatsky K.S., Beklemishchev P.S.
MAI, Moscow

The design of modern aircraft robotic systems involves the use of modeling environments and integrated packages for solving applied problems. Strength calculations, modeling of complex processes occurring in hydraulic, pneumatic and electrical nodes, interactive - easily controlled and automated optimization of the topology of the systems being created, as well as the production preparation processes require the availability of a high-quality software and computing complex. During the use foreign software, there are stages of adapting the program's capabilities to the standards required by Russian standards. These stages determine the process of import substitution by a logical and necessary desire to simplify the methods and instruments used in our country when creating projects for aviation robotic systems by eliminating these stages.

In this research, a comparison was made between the functionality of the CAD systems of SolidWorks of the French company Dassault Systems and its Russian counterpart T-Flex CAD of Top Systems. This comparison is made by creating two similar models of the aviation catapult device, as well as technical documentation packages in each of the design systems, respectively.

In the presence of similarities in the principles of building a system interface, there are a number of differences, such as the obvious orientation of CAD modules T-Flex CAD to the preparation of technical documentation according to ESKD, which facilitates the subsequent workflow. Greater interactivity, that is, the ability to dynamically change elements, T-Flex CAD in comparison with SolidWorks, as well as other layout of the work units by the stages of their application allows us to find other approaches to the process of creating the model.

Oriented to the Russian market, T-Flex CAD acquires a greater competitive ability in comparison with foreign products of software development in the field of modeling environments.

Использование системы MatLab для решения задачи идентификации параметров измерителей системы наведения управляемой авиационной ракеты

Тупицын А.В., Захаров И.В., Решетников Д.А., Трубников А.А.
МАИ, г. Москва

В рамках решения задачи функционального контроля системы наведения (СН) управляемых авиационных ракет малой дальности, в [1] предложено использовать методы активной экспериментально-аналитической идентификации. В настоящее время существует ряд специальных программных продуктов, созданных для решения задач идентификации, однако для опытной реализации программы идентификации, в рамках оптимального экономического подхода, было предложено использовать, хорошо себя зарекомендовавшее, современное программное средство - систему MatLab.

На основе исходных данных о СН как объекте контроля (ОК) и документации открытого характера, а также с учётом структуры и топологии связей программно-аппаратного комплекса функционального контроля (ПАК ФК) была построена математическая модель объекта контроля (ММ ОК), а её реализация была выполнена с помощью пакета Simulink системы MatLab.

Разработанная программа идентификации, помимо ММ ОК, включает в себя - модуль входного интерфейса, модуль первичного воздействия колебательной подсистемы стенда гармонических колебаний (СГК), модуль вторичного воздействия на чувствительные элементы системы наведения как ОК, модуль обработки сигнала с датчика угла СГК, модуль сравнения выходных сигналов с ОК с соответствующими им выходными сигналами его математической модели, модуль идентификации параметров основных измерителей СН как ОК, модуль встроенного оперативного самоконтроля СГК и программно-аппаратного комплекса функционального контроля.

С помощью входного интерфейса программы задаются параметры ОК и вспомогательного оборудования из состава ПАК ФК. Встроенные модули производят сбор и обработку сигналов с ОК, генерацию задающего сигнала внешнего воздействия для ММ ОК и регистрацию её реакций на вторичное стимулирующие воздействие, а также, контроль состояния ПАК ФК и идентификацию параметров измерителей ОК.

В ходе экспериментов по реализации программы идентификации, опытным путём были получены параметры измерителей системы наведения ОК, недоступные для получения штатными средствами АСК. Полученные данные характеризуются высокой точностью и подтверждают возможность реализации процедуры функционального контроля методами активной экспериментально-аналитической идентификации с использованием оборудования ПАК ФК.

Литература:

1. Захаров И.В., Трубников А.А, Решетников Д.А. Модель задающей части программно-аппаратного комплекса функционального контроля. М.: Вестник московского авиационного института. Том 24. №2. 2017. С.69-78

Using the MatLab system to solve the problem of identifying the parameters of the guided missile guidance system

Tupitsyn A.V., Zakharov I.V., Reshetnikov D.A., Trubnikov A.A.
MAI, Moscow

Within the framework of the task of the functional control of the guidance system of guided short-range aviation missiles, it was proposed in [1] to use methods of active experimental-analytical identification. Currently, there are a number of special software products designed to solve identification problems, however, for the pilot implementation of the identification program, it was suggested to use the well-proven modern software - the MatLab system - within the framework of an optimal economic approach.

Based on the initial data on HF as an object of control (CO) and open documentation, and taking into account the structure and topology of the software-hardware functional control

complex, a mathematical model of the control object was constructed, and its implementation was executed using the Simulink package of the MatLab system.

The developed identification program, in addition to the MM CO, includes an input interface module, a primary influence module of the oscillatory subsystem of the harmonic oscillation stand, a secondary impact module on the sensing elements of the guidance system as CO, a signal processing module from the angle sensor, signals with the CO with the corresponding output signals of its mathematical model, the module for identification of the parameters of the main meters of the GS as CO, the module of the built-in operational self-monitoring HOS and hardware-software complex of functional control.

Using the input interface of the program, the parameters of the OK and auxiliary equipment from the SHFCC are specified. The built-in modules collect and process signals with CO, generate an external stimulus signal for MM CO and record its reactions to the secondary stimulation, and also control the state of the SHFCC and identify the parameters of the CO meters.

In the course of experiments on the implementation of the identification program, the parameters of the meters of the guidance system CO, not available for the production of standard ACS means, were obtained by experience. The obtained data are characterized by high accuracy and confirm the possibility of realizing the procedure of functional control by the methods of active experimental-analytical identification using the SHFCC equipment.

References:

1. Zakharov I.V., Trubnikov A.A., Reshetnikov D.A. The model of the controlling part of the software-hardware complex of functional control. Moscow: Bulletin of the Moscow Aviation Institute. Volume 24. №2. 2017. P.69-78

7. Математические методы в аэрокосмической науке и технике

7. Mathematical Methods in Aerospace Science and Technology

Геометрическое моделирование зон обслуживания авиационной и космической техники

Ye W.T., Маркин Л.В.
МАИ, г. Москва

Для авиационной и космической техники, отличающейся высокой плотностью компоновки оборудования, важным вопросом проектирования и производства является обеспечение доступа к этому оборудованию как на этапе его монтажа, так и обслуживания в процессе эксплуатации. Переход от физических макетов оборудования к электронным еще более затруднил процесс оценки удобства монтажа и обслуживания. Это вынуждает искать новые методы оценки качества компоновки с точки зрения эргономики средствами компьютерного моделирования.

Целью нашего исследования является моделирование возможности использования монтажных инструментов в ограниченном пространстве среди ранее размещенных объектов и других областей запрета (силовых элементов, электрических жгутов и т.п.). При этом для выполнения монтажных работ определенного вида требуется не только соответствующий монтажный инструмент заданной формы и размера, и но необходимое пространство для его функционирования. Сущность нашего подхода - вся траектория перемещения и рабочего пространства монтажного инструмента рассматривается как компонуемый объект, который необходимо рационально разместить среди уже размещенного оборудования. Невозможность такого размещения автоматически означает принципиальную невозможность осуществления нормального использования этого монтажного оборудования в рабочей зоне.

С геометрической точки зрения, эта траектория – совокупность дискретных элементарных перемещений рабочего инструмента как при его доставке в рабочую зону, так и выполнении рабочих операций (например вращения при закручивании гайки). Данная задача часто не имеет однозначного решения, так как возможны несколько вариантов перемещения инструмента. Поэтому описать форму такой траектории в виде твердотельной модели известными в прикладной геометрии методами не представляется возможным. Кроме того, эти методы не позволяют напрямую определить, пересекается ли такой геометрический образ с уже размещенными объектами или нет.

Поэтому в нашем исследовании использован редко употребляемый метод геометрического моделирования - рецепторный (воксельный). В нем объект представляется комбинацией дискретных элементов (рецепторов). Важнейшими преимуществами метода является возможность описать объект сколь угодно сложной геометрической формы, а также простое определение условия взаимного пересечения объектов, описанных рецепторными моделями.

Geometric modeling of aircraft and space technology service areas

Ye Win T.T., Markin L.V.
MAI, Moscow

For aviation and space technology, which is characterized by high density of equipment layout, an important issue of design and production is to ensure access to this equipment both at the stage of its installation and maintenance during operation. The transition from physical to electronic models of equipment made it even more difficult to assess the ease of installation and

maintenance. This forces us to look for new methods for assessing the quality of the layout from the point of view of ergonomics by means of computer modeling.

The aim of our study is to simulate the possibility of using installation tools in a limited space among the previously placed objects and other areas of prohibition (power elements, electrical wiring, etc.). In this condition, to perform installation works of a certain type, is required not only an appropriate installation tool of a given shape and size, but also the necessary space for its operation. In addition, this tool must be delivered to the using area. The essence of our approach - the entire trajectory of movement and working space of the installation tool is considered as a component object that must be rationally placed among the already placed equipment. The impossibility of such placement automatically means the principal impossibility of the normal use of this installation equipment in the working area.

From a geometric point of view, this trajectory is a set of discrete elementary movements of the working tool both when it is delivered to the working area and when performing work operations (for example, rotation when tightening the nut). This problem often does not have a unique solution, as there are several options for moving the tool. Therefore, it is not possible to describe the shape of such a trajectory in the form of a solid model by methods known in applied geometry. In addition, these methods do not allow you to directly determine whether such a geometric image intersects with already placed objects or not.

Therefore, in our study rarely used method of geometric modeling - receptor (voxel). In it, the object is represented by a combination of discrete elements (receptors). The most important advantages of the method is the ability to describe an object of arbitrarily complex geometric shape, as well as a simple definition of the condition of mutual intersection of objects described by receptor models.

Анализ устойчивости положения равновесия в фотогравитационной эллиптической задаче Ситникова

Авдюшкин А.Н.
МАИ, г. Москва

Рассматривается плоская ограниченная задача трех тел. Предполагается, что два тела P1 и P2, взаимодействующих по закону всемирного тяготения, двигаются в одной плоскости относительно их общего центра масс по эллиптическим орбитам, а третье тело P обладает малой массой и не оказывает влияние на движение двух других тел. Если массы тел P1 и P2 равны, то уравнения движения допускают замечательное частное решение, впервые обнаруженное К.А. Ситниковым [1], которое описывает движение тела P по прямой, проходящей через центр масс системы перпендикулярно плоскости орбит тел P1 и P2. Решение К.А. Ситникова сохраняется и в фотогравитационной задаче трех тел, когда помимо гравитационных сил на тело P со стороны тел P1 и P2 действуют равные по величине репульсивные силы светового давления, направленные противоположно силам гравитационного притяжения.

В данной работе исследуется задача об устойчивости тривиального положения равновесия тела P, расположенного в центре масс системы. При наличии только пространственных возмущений строгий анализ устойчивости проводился ранее в [2]. В данной работе предполагается, что возмущения могут быть как пространственными, так и плоскими, а значения эксцентриситета орбит тел P1 и P2 малы. Получены аналитические выражения для границ областей неустойчивости. Вне указанных областей был выполнен нелинейный анализ устойчивости с учетом членов до четвертой степени включительно в разложении гамильтониана задачи в ряд в окрестности положения равновесия. Исследование проводилось аналитически на основании метода нормальных форм и теории КАМ. Был рассмотрен нерезонансный случай, и получены достаточные условия устойчивости для большинства начальных условий и формальной устойчивости.

Исследование выполнено за счет средств гранта РНФ № 14-21-00068 в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете).

Литература:

1. Ситников К.А. Существование осциллирующих движений в задаче трёх тел // Доклады Академии наук СССР. 1960. Т. 133. №2. С. 303-306.

2. Bardin B.S., Avdushkin A.N. Stability analysis of an equilibrium position in the photogravitational Sitnikov problem // AIP Conference Proceedings 1959, 040002 (2018); https://doi.org/10.1063/1.5034605.

Stability analysis of the equilibrium position in the photogravitational elliptic Sitnikov problem

Avdyushkin A.N.
MAI, Moscow

The planar restricted three-body problem is considered. It is assumed that two bodies P1 and P2 interact according to the law of gravity and move in the same plane relative to their common center of mass in elliptical orbits, and the third body P has a low mass and does not affect the motion of the other two bodies. If the mass of bodies P1 and P2 are equal, then the equations of motion admit a remarkable particular solution discovered by K. Sitnikov [1], which describes the motion of the body P in a straight line passing through the center of mass of the system perpendicular to the plane of the orbits of bodies P1 and P2. The solution of K. Sitnikov is also preserved in the photogravitational three-body problem, when, in addition to gravitational forces, the body P is affected from the side of the bodies P1 and P2 by repulsive forces of light pressure, which are directed opposite to the forces of gravitational attraction.

In this paper we study the stability of the trivial equilibrium position of the body P, located in the mass center of the system. A rigorous stability analysis was carried out earlier in [2] in the presence of only spatial perturbations. In this paper, it is assumed that the perturbations can be both spatial and planar, and the orbits eccentricity values of the bodies P1 and P2 are small. Analytical expressions for the boundaries of the instability regions are obtained. Outside these areas, a nonlinear stability analysis was performed, taking into account the terms to the fourth degree inclusive in the expansion of the Hamiltonian of the problem in a series in the vicinity of the equilibrium position. The study was performed analytically on the basis of the method of normal forms and the KAM theory. The non-resonant case was considered and sufficient stability conditions for most initial conditions and formal stability were obtained.

The study was carried out at the expense of RSF grant № 14-21-00068 at the Moscow aviation Institute (national research University).

References:

1. K.A. Sitnikov Existence of oscillating motions in the three-body problem // Dokl. Akad. Nauk, USSR. 133. 303-306 (1960).

2. Bardin B.S., Avdushkin A.N. Stability analysis of an equilibrium position in the photogravitational Sitnikov problem // AIP Conference Proceedings 1959, 040002 (2018); https://doi.org/10.1063/1.5034605.

О бифуркации периодических движений симметричного спутника, рождающихся из его конической прецессии

Антипов А.А., Бардин Б.С.
МАИ, г. Москва

Для исследования движения космического аппарата (КА) часто используется так называемая спутниковая модель, в рамках которой КА считают твердым телом, размеры которого малы по сравнению с размерами орбиты. В этом случае можно считать, что движение КА относительно центра масс не влияет на движение его центра масс. Данная модель является вполне адекватной для широкого класса малых КА. Она, в частности, позволяет описывать частные стационарные движения спутника, представляющие собой регулярные прецессии (коническую, цилиндрическую и гиперболоидальную [1]). На эллиптической орбите коническая и гиперболоидальная прецессии невозможны, но в случае малого эксцентриситета представляет интерес задача о периодических движениях спутника, близких к указанным прецессиям.

В данной работе исследуется вопрос о существовании, аналитическом построении и бифуркации данных периодических движений спутника. Исследование выполняется на основе метода малого параметра при помощи алгоритма, разработанного в [2,3]. В случае слабоэллиптической орбиты центра масс спутника получены приближенные аналитические выражения, описывающие указанные периодически движения. Исследованы условия, при которых имеет место бифуркация (ветвление) этих движений. В частности, получено аналитическое выражение поверхности, которая в пространстве параметров задачи задает бифуркационное множество.

Для решения данной задачи в системе аналитических вычислений Maple 15 было разработано программное обеспечение, позволяющее получать периодические движения аналитически в виде рядов по степеням эксцентриситета, а также строить бифуркационные множества.

Результаты данной работы получены в Московском авиационном институте (Национальном исследовательском университете) в рамках выполнения государственного задания (проект № 3.3858.2017/4.6).

Литература:

1. Белецкий В.В. Движение спутника относительно центра масс в гравитационном поле. – М.:МГУ, 1975. 308с.

2. Бардин Б.С. О ветвлении периодических решений системы, близкой к системе Ляпунова. – ПММ, 1999, Т.63, № 4, 538—547.

3. Бардин Б.С. Периодические решения систем близких к системам Ляпунова – М: Изд-во МАИ, 2005, 60с.

On bifurcation of periodic motions emanating from the conical precession of a symmetric satellite

Antipov A.A., Bardin B.S.

MAI, Moscow

To study the motion of a spacecraft (SC), the so-called satellite model is often used, within which a SC is considered to be a rigid body whose dimensions are small compared with the size of the orbit. In this case, we can assume that the motion of a SC about its center of mass does not affect the motion of its center of mass. This model is quite adequate for a wide class of small satellites. In particular, it allows one to describe particular stationary motions of a satellite, which are regular precessions (conical, cylindrical, and hyperboloidal [1]). In an elliptical orbit, a conical and hyperboloidal precession are impossible, but in the case of small eccentricity, the problem of satellite periodic motions emanating from its precessions is of interest.

In this paper, we study the question of the existence, analytical construction and bifurcation of these periodic motions of the satellite. The investigation is based on the small parameter method and use the algorithm developed in [2,3]. In the case of a weakly elliptical orbit of the mass center of the satellite, approximate analytical expressions for the above periodic motions are obtained. The conditions under which a bifurcation (branching) of these motions takes place are investigated. In particular, an analytic expression is obtained for a surface, which in the parameter space of a problem defines a bifurcation set.

To solve this problem, in the system of analytical calculations Maple 15, software was developed that allows to obtain periodic motions analytically in the form of series in powers of the eccentricity, as well as to construct bifurcation set.

This work was carried out in Moscow Aviation Institute (National Research University) within the framework of the state assignment (project No 3.3858.2017/4.6).

References:

1. Beletsky V.V. The motion of the satellite relative to the center of mass in the gravitational field. - M: MSU, 1975. 308p.

2. Bardin B.S. On the branching of periodic solutions of a system, close to the Lyapunov system. - AMM, 1999, Volume.63, № 4, 538-547.

3. Bardin B.S. Periodic solutions of systems close to Lyapunov systems - M: Publ. MAI, 2005, 60p.

Оптимизация робастных оценок ограниченных параметров по вероятностному критерию

Архипов А.С., Семенихин К.В.
МАИ, г. Москва

Проблемы, связанные с задачами оценивания неизвестных параметров, актуальны на сегодняшний день. Максимизация надежности полученных оценок является приоритетной задачей для исследователей, инженеров, экономистов и др. Ввиду наличия физических ограничений на возможные значения оцениваемых параметров, а также отсутствия априорной информации о распределении ошибок наблюдений, актуальной постановкой задачи оценивания будет та, в которой учитываются все эти факторы. Отрицание предположения о гауссовости распределения измерительных ошибок приводит к неоправданно оптимистическим результатам. Поэтому весьма актуальной является постановка задачи оценивания, в которой ошибки наблюдения имеют априори неизвестное распределение, принадлежащее классу унимодальных (одновершинных). Такой выбор класса распределений обусловлен тем, что большинство известных распределений отвечают требованиям унимодальности (единственности наиболее вероятного значения).

В данной работе решается задача оптимизации оценок линейной комбинации неизвестных ограниченных параметров по наблюдениям, имеющим центрированные случайные помехи с неопределенным симметричным распределением из класса унимодальных и заданной ковариационной матрицей. В качестве критерия качества оценки выбран вероятностный - минимум вероятности выхода ошибки оценивания из заданного диапазона. При решении данной задачи используется минимаксный подход в следствие неопределенности указанной вероятности. Решением соответствующей минимаксной задачи является линейная оценка, минимизирующая наихудшее значение указанной выше вероятности. Вместе с тем, решается задача определения наихудшего распределения на классе унимодальных распределений вектора помех, на котором и достигается найденный минимум.

Основной результат работы состоит в том, что для рассматриваемой линейной регрессионной модели наблюдения известная граница, описываемая неравенством Гаусса, оказывается неулучшаемой. Искомое наихудшее распределение вектора помех является смесью линейного преобразования гауссовского вектора и равномерной случайной величины. Также, доказано, что минимаксная по вероятностному критерию оценка, совпадает с оценкой Гаусса—Маркова.

Показано, что полученная граница надежности занимает промежуточное положение между оптимистичным случаем гауссовской величины и пессимистичным случаем чебышевской границы. Теоретические результаты подтверждены численным экспериментом.

Optimization of robust estimates of bounded parameters by the probability criterion

Arkhipov A.S., Semenikhin K.V.
MAI, Moscow

The problems associated with the tasks of estimating unknown parameters are relevant for today. Maximizing the reliability of the estimates obtained is a priority for researchers, engineers, economists, etc. In view of the physical limitations on the possible values of the estimated parameters, as well as the lack of a priori information on the distribution of observation errors, the actual formulation of the estimation problem will be one in which all these factors. Negation of the assumption of the Gaussian distribution of measurement errors leads to unjustifiably optimistic results. Therefore, the formulation of the estimation problem, in which the observation errors have a priori an unknown distribution belonging to the class of unimodal (single-vertex), is

very topical. Such a choice of the class of distributions is due to the fact that most known distributions meet the requirements of unimodality (uniqueness of the most probable value). In this paper, we solve the problem of optimizing estimates of a linear combination of unknown bounded parameters from observations having centered random noise with an indefinite symmetric distribution from the unimodal and specified covariance matrix. As a criterion for the quality of the assessment, the probabilistic - the minimum of the probability of the output of the estimation error from the specified range is chosen. In solving this problem, a minimax approach is used as a consequence of the uncertainty of this probability. The solution of the corresponding minimax problem is a linear estimate minimizing the worst value of the above probability. At the same time, the problem of determining the worst distribution on the class of unimodal distributions of the interference vector is solved, on which the minimum obtained is reached.The main result of the paper is that for the linear regression model under consideration, the known boundary described by the Gauss inequality is unimprovable. The desired worst-case distribution of the interference vector is a mixture of a linear transformation of a Gaussian vector and a uniform random variable. Also, it is proved that the estimate, which is minimax with respect to the probability criterion, coincides with the Gauss-Markov estimate.

It is shown that the obtained reliability boundary occupies an intermediate position between the case of a Gaussian quantity and the Chebyshev boundary case. Theoretical results are confirmed by a numerical experiment.

О маятниковых движениях тяжёлого твёрдого тела при быстрых горизонтальных вибрациях точки подвеса

Беличенко М.В.
МАИ, г. Москва

Рассматривается движение тяжёлого твёрдого тела, одна из точек которого (точка подвеса) совершает горизонтальные высокочастотные гармонические вибрации малой амплитуды. Предполагается, что центр масс тела лежит на одной из главных осей инерции тела для точки подвеса.

В рамках приближенной системы дифференциальных уравнений движения, записанной в форме канонических уравнений Гамильтона, исследуются плоские маятниковые движения указанной оси тела вокруг фиксированной горизонтальной оси. Установлено, что такие движения могут происходить либо в вертикальной плоскости, содержащей линию действия вибраций, либо в перпендикулярной ей плоскости. В первом случае ось тела, содержащая центр масс, совершает колебания около нижнего и бокового положений относительного равновесия, а также вращения. Во втором случае имеются колебания в окрестности нижнего положения и вращения. Проведено интегрирование уравнения маятниковых движений тела во всем диапазоне параметров задачи — интенсивности вибраций и уровня энергии модельной системы. Получены выражения для частот маятниковых движений.

Проведен линейный анализ орбитальной устойчивости маятниковых движений тела, отвечающего случаю Ковалевской, по отношению к пространственным возмущениям. В плоскости параметров задачи найдено множество порождающих кривых резонансов первого и второго порядков, выявлены случаи появления областей параметрического резонанса.

Построены диаграммы устойчивости. Выявлено, что в плоскости, содержащей ось вибраций, для колебаний около нижнего положения есть широкие области орбитальной устойчивости при слабых и интенсивных вибрациях точки подвеса; колебания около бокового положения в большей части области параметров устойчивы, а вращения в исследуемой части плоскости параметров всегда неустойчивы. В плоскости, перпендикулярной оси вибраций, для колебаний около нижнего положения обширная область орбитальной устойчивости существует лишь при слабых вибрациях; для этого случая найдены области устойчивости для вращательных движений тела.

Работа выполнена в рамках государственного задания (проект № 3.3858.2017/4.6).

On pendulum motions of a heavy rigid body under fast horizontal vibrations of the suspension point

Belichenko M.V.
MAI, Moscow

We consider the motion of a heavy rigid body with a suspension point committing horizontal high-frequency harmonic vibrations of small amplitude. It is assumed that the body mass center lies on one of the principal axes of inertia of the body for the suspension point.

Within the framework of an approximate system of differential equations of motion, written in the form of the Hamiltonian canonical equations, the planar pendulum motions of the mentioned body axis around a fixed horizontal axis are investigated. It is found that such motions can occur either in a vertical plane containing the line of action of vibrations or in a plane perpendicular to it. In the first case, the body axis containing the center of mass oscillates around the lower and inclined relative equilibriums, or makes rotation. In the second case, there are oscillations around the lower position and rotation. We carried out the integration of equation of pendulum motion of the body in the whole range of parameters of the problem, which are the intensity of vibration and the energy level of the model system. Expressions for frequencies of pendulum motions are obtained.

A linear analysis of the orbital stability of the pendulum motions of the body corresponding to the Kovalevskaya case with respect to spatial perturbations is carried out. A set of generating curves of the first and second order resonances are found in the parameter plane of the problem.

Stability diagrams are constructed. It is revealed that for oscillations near the lower position in the plane containing the vibration axis, there are wide regions of orbital stability in the cases of weak and intense vibrations of the suspension point. The oscillations around the inclined position are found to be stable in the most part of the parameter region, while the rotations are always unstable in the considered part of the parameter plane. In the plane perpendicular to the vibration axis, a large region of orbital stability for oscillations near the lower position exists only for weak vibrations; for this case, the stability regions for the rotational motions of the body are found.

This work was carried out within the state assignment (project no. 3.3858.2017/4.6).

Учёт стоп-сигналов и сигналов указателей поворота при моделировании транспортных потоков на основе клеточных автоматов

Бобошина А.В., Пегачкова Е.А.
МАИ, г. Москва

В работе была предложена модификация стохастической модели [1] на основе клеточных автоматов, учитывающей стоп-сигналы при моделировании дорожного движения. Первоначальная модель была разработана для реализации эффекта упреждения, заключающегося в том, что при приближении к более плотному потоку водители склонны к снижению скоростей.

Классические правила изменения состояния транспортного клеточного автомата расширены вероятностью замедления при включении стоп-сигналов автомобиля спереди. На вероятность влияет горизонт взаимодействия: вероятность замедления пропорциональна скорости и обратно пропорциональна расстоянию между автомобилями. Учитывается предел видимости стоп-сигналов, который может быть изменён при расчёте оптимальной скорости автомобилей в условиях недостаточной видимости. Модель задаёт логическое ограничение: транспортное средство с включенными стоп-сигналами не может находиться в стадии ускорения.

В работе модель учитывает такое состояние автомата как «клетка полотна занята препятствием и требует объезда другими автомобилями», а так же особенности модели, описанные в [2]. Предлагается учитывать указатели поворота соседних транспортных средств при принятии решения о перестроении для объезда препятствия или для выбора полосы с меньшей плотностью потока.

На принятие решения так же влияет расстояние до конечной цели автомобиля. Целью может быть определённый съезд с дороги, поворот в заданную сторону на перекрёстке или

стремление к максимальной скорости в случае, когда предполагаемая цель находится за пределами моделирования дорожного полотна.

Итогом работы является детализированный алгоритм движения и перестроения транспортных средств, основанный на возможной реакции водителей на сигналы двигающихся впереди автомобилей. Это приводит к результатам моделирования, хорошо согласующимся с теорией трёх фаз транспортного потока, предложенной Борисом Кернером.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-08-00128-а), гранта Президента № МК-1664.2017.8.

Литература:

[1] Knospe W., Santen L., Schadschneider A., Schreckenberg M.. Towards a realistic microscopic description of highway traffic. Journal of Physics A: Mathematical and General, vol. 33, no. 48, pp. L477–L485, 2000.

[2] Бобошина А.В., Пегачкова Е.А. Методы моделирования движения транспортных потоков с помощью клеточных автоматов // Тезисы докладов XLIV Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения – 2017» – М.: МАИ, 2018, с.328-329.

The influence of brake lights and turning signals on traffic modeling based on cellular automata

Boboshina A.V., Pegachkova E.A.
MAI, Moscow

This research suggests a modification of the stochastic traffic flow model [1] based on cellular automata that takes into account the brake lights. The original model was developed for simulating the anticipation effect that results in speed reduction of a vehicle when it approaches to a high-density flow.

The classic rules of changing the state of the traffic cellular automata were amended by the probability of speed reduction of a car following another car with turned on brake lights. The probability is influenced by an interaction horizon: the speed reduce probability is proportional to the speed and inversely proportional to the gap between consecutive cars. Also such variable parameter as the visibility of car braking lights is taken into account. The model sets a logical restriction: a vehicular with turned on brake lights mustn't be in the acceleration stage.

In this paper the model uses such a non-typical state of an automata as «the cell is occupied by an obstacle and is required to be bypassed using other» and some other features, described in [2]. It is suggested to consider the turn signals of surrounding vehicles when making a decision either to detour an obstacle or to select a lane with a lower flow density.

The final target of a vehicle is one of the factors affecting the decision making. The target can be a certain exit from the road or a turn in the selected direction on an intersection or the desire for maximum speed in case when the target is beyond the roadway modeling.

The result of this work is a formulated detailed algorithm of vehicle motion and changing lanes that is based on the probable drivers reaction on the signals of vehicles ahead. This leads to modeling results that correlate well with the theory of three phases of a traffic flow that was proposed by Boris Kerner.

This work was supported by RFBR (project № 18-08-00128-a) and by the grant № MK-1664.2017.8 of the Russian Federation President.

References:

[1] Knospe W., Santen L., Schadschneider A., Schreckenberg M. Towards a realistic microscopic description of highway traffic. Journal of Physics A: Mathematical and General, vol. 33, no. 48, pp. L477–L485, 2000.

[2] Boboshina A., Pegachkova E. Methods of modeling traffic flow using cellular automata // Abstracts of the «XLIV International Youth Scientific Conference Gagarin Readings – 2018», 2018, Moscow, MAI, April 17-20, pp. 328-329.

Разработка программного модуля для работы с характеристиками турбореактивного двухконтурного двигателя

Бондаренко Р.Н., Романенков А.М.
МАИ, г. Москва

Процесс эффективного проектирования и производства авиационных двигателей невозможен без применения информационных технологий. В связи с этим возникает задача разработки приложения, которое значительно упростит моделирование, проектирование турбореактивных двигателей и обработку их обобщенных характеристических данных. А также позволит визуализировать и редактировать эти данные.

Реализованное программное решение предназначено для обработки файлов исходных данных, которые выбраны пользователем. После завершения процесса обработки происходит отображение обобщенных характеристических данных в виде семейства кривых в графической области, которая показывает зависимость КПД и расхода компрессора. Исходные данные могут быть получены как при помощи математического расчета, так и после проведения стендовых испытаний. Координатным устройством для управления курсора можно передвигать точки и кривые, что повлечет за собой перерасчет данных, которые пользователь получит по окончанию работы. Немаловажным требованием к программному обеспечению является современный, простой и понятный интерфейс, при использовании которого пользователь не будет испытывать затруднений. Реализация программы производилась на кроссплатформенном языке программирования C++ при помощи фреймворка Qt, что позволило значительно повысить точность расчета.

Разработанный программный комплекс отвечает всем современным IT критериям, является высокопроизводительным, кроссплатформенным, обладает высокой точностью вычислений, и, что самое главное – упрощает процесс создания турбореактивных двигателей.

Development of a software module to work with the characteristics of a turbojet engine

Bondarenko R.N., Romanenkov A.M.
MAI, Moscow

The process of effective design and production of aircraft engines is impossible without the use of information technology. In this regard, the task arises to develop an application that will greatly simplify the modeling, design of turbojet engines and processing of their generalized characteristic data. It also allows you to visualize and edit this data.

The implemented software solution is designed to process the source data files that are selected by the user. After the processing process is completed, the generalized characteristic data is displayed as a family of curves in the graphics area, which shows the dependence of the efficiency and flow of the compressor. Initial data can be obtained both by means of mathematical calculation and after bench tests. The coordinate device for controlling the cursor can move points and curves, which will entail recalculation of the data that the user will receive at the end of the work. An important requirement for the software is a modern, simple and intuitive interface, the use of which the user will not experience difficulties. The program was implemented in a cross-platform C++ programming language using the Qt framework, which significantly improved the accuracy of the calculation.

The developed software package meets all modern IT criteria, is high-performance, cross-platform, has a high accuracy of calculations, and, most importantly – simplifies the process of creating turbojet engines.

Применение численных методов при расчете установившегося напряженного состояния вращающегося диска

Бугрименко Ф.А., Леонов С.С.
МАИ, г. Москва

Рассматривается задача определения радиальной и тангенциальной составляющих напряжения в сплошном вращающемся диске постоянной толщины при учете ползучести материала, предложенная в статье [1]. В качестве параметров модели задаются характеристики ползучести материала, в нашем случае, титанового сплава ОТ-4, детали из которого работают при высоких температурах и применяются в авиационной технике и машиностроении.

Решается краевая задача для системы обыкновенных дифференциальных уравнений для определения установившегося напряжённо-деформированного состояния в диске. Система уравнений состоит из уравнения совместности скоростей деформации ползучести с подставленными в него составляющими напряжений и уравнения равновесия. В качестве краевых условий используется равенство компонент напряжения в центре диска, где радиус диска равен нулю, и равенство радиальной компоненты напряжения нулю на ободе диска. Рассматриваемая краевая задача решается методом стрельбы, полученные задачи Коши решаются численно с помощью метода Рунге-Кутта 4-го порядка точности. Компоненты напряжения в центре диска получены из упругого решения методом дихотомии.

В результате моделирования и расчета были получены значения радиальной и тангенциальной составляющих напряжения, которые хорошо согласуются с результатами других авторов [1].

Так как задача является плохо обусловленной в центре диска, то традиционные методы малоэффективны при ее решении, поэтому в дальнейшем планируется провести решение с помощью метода наилучшей параметризации, [2], который позволяет обойти эти трудности и дать более точный результат.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проектов 16-08-00943 А и 18-38-00424 мол_а).

Литература:

[1] Соснин О.В., Горев Б.В., Никитенко А.Ф. Энергетический вариант теории ползучести. – Новосибирск: Ин-т гидродинамики СО АН СССР, 1986. 96 с.

[2] Шалашилин В. И., Кузнецов Е. Б. Метод продолжения решения по параметру и наилучшая параметризация в прикладной математике и механике. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 224 с.

The application of numerical methods for calculating the steady stress state of a rotating disk

Bugrimenko F.A., Leonov S.S.
MAI, Moscow

In this paper we consider the problem, proposed in [1] that defines in determining the radial and tangential components of stress in a continuous rotating disk of constant thickness taking into account the creep of the material. The creep characteristics of the material are set as the parameters of the model, in our case, the parameters of titanium alloy OT-4 are specified. The feature of this alloy is that parts made of it can operate at high temperatures and are used in aircraft and mechanical engineering.

A boundary-value problem for a system of ordinary differential equations is being solved to determine the steady stress-strain state in a disk. The system of equations consists of the equation of consistency of creep strain rates with substituted in it equation of equilibrium and stress components. As the boundary conditions we use the equality of stress components at the center of the disk where the radius of the disk is taken as zero and also the equality to zero of the radial stress component on the rim of the disk. The boundary problem is solved by the shooting method, and the obtained Cauchy problems are solved numerically using the fourth order Runge-Kutta

method. The stress components in the center of the disk are obtained from the elastic solution by the dichotomy method.

As a result of modeling and calculation were obtained the radial and tangential stress components, which correlate well with the results of other authors, [1].

Since the traditional methods of solving the considered problem are ineffective because it isn't conditioned well in the center of the disc, further it is planned to be solved using the method of the best parametrization, [2], which allows to bypass these difficulties and give a more accurate result.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects № 16-08-00943 A and 18-38-00424 mol_a).

References:

[1] Sosnin O.V., Gorev B.V., Nikitenko A.F. Jenergeticheskij variant teorii polzuchesti. (Energetic variant of the creep theory, in Russ.). – Novosibirsk, Institut of Hydrodynamics, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1986, 96 p.

[2] Shalashilin V.I., Kuznetsov E.B. Metod prodolzheniya resheniya i nailuchshaya parametrizatsiya. (The method of continuation of a solution with respect to a parameter and the best parametrization in applied mathematics and mechanics, in Russ) – M., Editorial URSS, 1999. 224 p.

Оптимизация назначения локомотивов для перевозки грузовых составов

Буянов М.В.
МАИ, г. Москва

В работе исследуется задача планирования грузовых железнодорожных перевозок, путём организации работы тягового подвижного состава, в частности магистральных локомотивов. Предлагается математическая модель назначения локомотивов. Учитываются различные технические ограничения, в частности, рассматриваются ограничения, связанные с техническим осмотром локомотивов, а также, особо актуальное для Российских железных дорог, разделение различных типов локомотивной тяги. Необходимо отметить, что в процессе осуществления грузовых перевозок возникает множество случайных факторов, влияющих на работу локомотивов, таких как задержки формирования составов, задержки в движении поездов, аварии, неопределенное поведение диспетчеров, ошибки машинистов и т.д. Таким образом, детерминированное решение, не может быть реализовано на практике и требуется более реалистичный стохастический подход. Однако учет всех существующих случайных факторов является очень трудоемкой задачей и приведет к большим трудностям при получении решения, в связи с чем предлагается рассмотреть факторы, влияющие на время готовности состава к отправлению. Предлагается математическая модель учёта случайных возмущений, описывается вариант применения случайного параметра, моделирующего задержку готовности состава к отправлению. Описывается постановка задачи принятия решений, которая позволяет проводить оптимизацию по нескольким, вспомогательным, критериям за счет использования эвристической функции полезности, при этом сохраняя основную идею исходной модели – минимизация размера рабочего парка локомотивов. Как правило, нахождение точного решения задач комбинаторной оптимизации большой размерности не является приоритетным, в силу колоссальной трудоёмкости. Актуальными в этой области являются исследования в области построения точных математических моделей рассматриваемых задач, а также разработка эффективных вычислительных алгоритмов поиска приближенного решения. Предлагается эвристический алгоритм поиска субоптимального решения задачи. Эвристические алгоритмы поиска приближенного решения исследуемых задач требуют подтверждения эффективности их применения, в связи с чем неотъемлемой частью исследования является этап имитационного моделирования работы существующего участка железной дороги. Кратко описываются результаты численного эксперимента.

Locomotive assignment problem for freight trains

Buyanov M.V.
MAI, Moscow

The paper investigates the task of planning rail freight traffic, by organizing the work of traction rolling stock, in particular mainline locomotives. A mathematical model of locomotive assignment is proposed. Various technical limitations are taken into account, in particular, limitations related to the technical inspection of locomotives, as well as, particularly relevant for Russian railways, the separation of various types of locomotive traction are considered. The formulation of the decision-making problem is described, which allows optimization for several, auxiliary, criteria by using the heuristic utility function, while maintaining the basic idea of the original model - minimizing the size of the locomotive fleet. As a rule, finding the exact solution of combinatorial optimization problems of a large dimension is not a priority task, due to the enormous complexity. Relevant in this area are studies in the construction of exact mathematical models of the problems under consideration, as well as the development of effective computational algorithms for finding an approximate solution. A heuristic algorithm for finding a suboptimal problem solution is proposed. Heuristic search algorithms for the approximate solution of the studied problems require confirmation of the effectiveness of their application, and therefore an integral part of the study is the stage of simulation modeling of the existing section of the railway. Briefly describes the results of a numerical experiment.

Обратная задача по идентификации нестационарной нагрузки, воздействующей на балку Тимошенко

Вахтерова Я.А.
МАИ, г. Москва

В настоящее время нестационарные обратные задачи механики деформируемого твердого тела приобретают все большую актуальность как в теоретическом, так и в прикладном отношении. Отметим, что исходные данные для задач такого рода, как правило, искажены, поскольку они отыскиваются экспериментально. Поэтому необходимо использовать специальные методы решения, которые будут иметь приемлемую точность и для случая «зашумленности» исходных данных, выражающейся в их искажении вследствие случайной погрешности измерений и вычислительных преобразований. Следует отметить несомненную актуальность этого типа задач для авиационной и аэрокосмической отраслей промышленности, поскольку значительная часть конструкции ЛА выполнена из балочных элементов, работающих в условиях нестационарных нагрузок. Это режимы взлета и посадки, выполнения различных маневров, а также различные внештатные ситуации.

В работе рассматривается обратная нестационарная задача о восстановлении пространственного закона однородной изотропной балки Тимошенко конечной длины. В качестве граничных условий используются условия шарнирного опирания. Полагается, что в окрестности одного из конца балки установлены датчики, которые, в ходе соответствующего эксперимента, снимают показания прогиба балки в точках установки датчиков.

В основу методики решения прямой задачи положен принцип суперпозиции, при котором прогиб балки связан с воздействующей на нее пространственной нагрузкой посредством интегрального оператора по пространственной координате и времени. Ядром этого оператора является так называемая функция влияния. Эта функция представляет собой фундаментальное решение системы дифференциальных уравнений движения исследуемой балки. Функция влияния находится с помощью преобразования Лапласа по времени и разложения в ряды Фурье по системе собственных функций задачи.

Решение обратной задачи на первом этапе сводится к системе алгебраических уравнений относительно вектор-оператора, компонентами которого являются свёртки по времени коэффициентов ряда разложения для функции влияния с искомыми коэффициентами разложения нагрузки в ряд Фурье. При этом компонентами вектора

правых частей являются временные зависимости, поступающие с установленных датчиков. Полученная система является плохо обусловленной.

На втором этапе решаются независимые интегральные уравнения Вольтера I – го рода относительно искомых коэффициентов ряда Фурье для нагрузки.

The inverse problem of identification of non-stationary load acting on Timoshenko beam

Vahterova Y.A.
MAI, Moscow

Currently, non-stationary inverse problems of solid mechanics are becoming increasingly important both in theoretical and in applied terms. Note that the initial data for this kind of problems are usually distorted, because they are found experimentally. Therefore, it is necessary to use special methods of solution, which will have acceptable accuracy for the case of "noise" of the original data, expressed in their distortion due to random measurement error and computational transformations. It should be noted the undoubted relevance of this type of tasks for the aviation and aerospace industries, since a significant part of the AIRCRAFT structure is made of beam elements operating under non-stationary loads. This modes of takeoff and landing, performing various maneuvers, as well as various emergency situations.

The paper deals with the inverse nonstationary problem of restoring the spatial law of a homogeneous isotropic Timoshenko beam of finite length. The hinge support conditions are used as boundary conditions. It is assumed that in the vicinity of one of the end of the beam sensors are installed, which, in the course of the corresponding experiment, take readings of the deflection of the beam at the sensor installation points.

The method of solving the direct problem is based on the principle of superposition, in which the deflection of the beam is associated with the spatial load acting on it by means of an integral operator in spatial coordinate and time. The core of this operator is the so-called influence function. This function is a fundamental solution of the system of differential equations of motion of the beam under study. The influence function is found by time Laplace transform and Fourier series expansion by the system of eigenfunctions of the problem.

The solution of the inverse problem at the first stage is reduced to a system of algebraic equations with respect to the vector operator, whose components are convolutions in time of the coefficients of the expansion for the influence function with the desired coefficients of the load expansion in the Fourier series. In this case, the components of the vector of the right parts are time dependences coming from the installed sensors. The resulting system is ill-conditioned.

At the second stage, independent Volter integral equations of the I – th kind with respect to the desired Fourier series coefficients for the load are solved.

Течения ньютоновской и неньютоновской жидкостей в узких каналах конфузорной и диффузорной формы

[1]Волков Е.В., [1]Пунтус А.А., [2]Федюшкин А.И.
[1]МАИ, [2]ИПМех РАН, г. Москва

Рассматриваются задачи о ламинарных течениях ньютоновских и неньютоновских вязких несжимаемых жидкостей в плоском диффузоре и конфузоре с малыми углами раствора, так как угол раствора начинает оказывать существенное влияние на характеристики течения при превышении десяти градусов. В данной работе численно изучается задача Джеффри-Гамеля о течении вязкой несжимаемой жидкости в диффузоре и конфузоре для разных чисел Рейнольдса в обобщенной постановке, то есть, без ограничений на существование несимметричных течений. При моделировании используется консервативная схема второго порядка с подробной неравномерной сеткой и контролем точности на каждом шаге по времени.

В работе приводятся результаты о смене характера течений от стационарного - симметричного к стационарному - несимметричному и к нестационарному в диффузоре и конфузоре в зависимости от числа Рейнольдса.

Численно найдены диапазоны существования данных режимов течений в плоских диффузорах и конфузорах в зависимости от числа Рейнольдса (вязкостью, скоростью или расхода) для ньютоновской, псевдопластичной и дилатантной жидкостей со степенным законом Оствальда-де Ваале для вязкости.

Представлены результаты сравнения численного моделирования ламинарных течений вязкой жидкости в плоском диффузоре и конфузоре для симметричных и несимметричных граничных условиях на входе.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о существенной разнице режимов симметричных течений жидкостей, и моментов её изменения в диффузоре и конфузоре.

Flows of Newtonian and non-Newtonian fluids in narrow confusory and diffuse channels

[1]Volkov E.V., [1]Puntus A.A., [2]Feduskin A.I.
[1]MAI, [2]IPMech RAS, Moscow

We consider the problems of laminar flows of Newtonian and non-Newtonian viscous incompressible fluids in a flat diffuser and a confuser with small solution angles, since the angle of the solution begins to have a significant impact on the flow characteristics when it exceeds ten degrees. In this paper, the Jeffrey-Hamel problem on the flow of a viscous incompressible fluid in a diffuser and a confuser for different Reynolds numbers in a generalized formulation is numerically studied, that is, without restrictions on the existence of asymmetric flows. The simulation uses a conservative second-order scheme with a detailed non-uniform grid and accuracy control at each time step.

The paper presents the results on the change in the character of flows from stationary - symmetric to stationary - asymmetric and to non-stationary in a diffuser and confusor depending on the Reynolds number.

The existence ranges of these flow regimes in flat diffusers and confusors are numerically determined depending on the Reynolds number (viscosity, velocity or flow rate) for Newtonian, pseudoplastic and dilatant fluids with a power law of Ostwald de Waele viscosity.

The results of a comparison of numerical modeling of laminar flows of a viscous fluid in a flat diffuser and confuser for symmetric and asymmetric boundary conditions at the entrance are presented.

Analysis of the obtained results allows us to conclude that there is a significant difference in the regimes of symmetric fluid flows, and the moments of its change in the diffuser and confuser.

Исследование влияния существенных параметров на безотказность пассивно резервированных подсистем ЛА с учетом допусков

Ву Т.Ч., Гришин В.М.
МАИ, г. Москва

Одной из важных проблем при исследовании и разработке перспективных образцов техники является требование обеспечения безотказности неремонтируемых подсистем ЛА при внезапных отказах. Для многих подсистем ЛА, не допускающих даже кратковременных перерывов в работе, это требование можно удовлетворить только пассивным резервированием. При этом на структуру резервирования существенное влияние может оказывать связанная с ней по выходному параметру смежная подсистема. Это влияние реализуется в том случае, если смежная подсистема допускает отклонение (как правило в меньшую сторону) выходного параметра от номинального значения без нарушения ее работоспособности. Величина допустимого отклонения смежной подсистемы назначается ее разработчиком, а связанная с ней резервированная подсистема должна не только удовлетворять требованию по безотказности, но и обеспечить такой реализуемый допуск, при котором выполняется условие: реализуемый допуск меньше назначенного.

Важной особенностью рассматриваемых подсистем является наличие критических вероятностей ее элементов (Ркр), обусловленных некратностью резервирования, которые

сужают диапазон их изменения от (0-1) до интервала (Ркр-1), в котором выгоден данный вид резервирования. В качестве показателей безотказности резервированной подсистемы и ее элементов в работе используются их вероятности безотказной работы за время выполнения задания. Задача исследования заключается в определении характера влияния существенных параметров (безотказности элементов, значений реализуемых допусков, кратности резервирования) на показатель безотказности резервированной подсистемы. Расчеты критериальной функции проводились по формуле биноминального закона распределения.

Результаты расчетов позволили сделать следующие выводы:

1) Не существует допусков, при которых всегда выгодно выбирать минимальную кратность резервирования, это утверждается в некоторых источниках;

2) В диапазоне возможных реализуемых допусков от 0 до 100% в относительном представлении существует так называемое равновесное значение, равное примерно 22%, в обе стороны от которого характер зависимостей безотказности резервированной подсистемы от кратности резервирования и безотказности элементов принципиально меняется;

3) Минимальные кратности резервирования, обеспечивающие наиболее простую структуру выгодно применять только при больших допусках и при использовании в структурах резервирования малонадежных элементов.

Research of the influence of essential parameters on the reliability of passively redundant subsystems FO with allowance for tolerances

Vu T.C., Grishin V.M.
MAI, Moscow

One of the important problems in the research and development of promising models of equipment is the requirement to ensure the reliability of unrepaired subsystems FO during sudden failures. For many FO subsystems that do not allow even short-term interruptions in operation, this requirement can be satisfied only by passive redundancy. In this case, the structure of the reservation can be significantly influenced by the associated output parameter adjacent subsystem. This value is realized if the adjacent subsystem allows a deviation (as a rule to a smaller side) parameter from the nominal value without disturbing its operability. The value of the permissible deviation of the adjacent subsystem is assigned by its developer, and the associated redundant subsystem must not only satisfy the requirement for reliability, but also provide such a feasible tolerance in which the condition is valid: the realized tolerances is less than the assigned tolerance.

An important feature is the presence of critical probabilities of its elements (Pkr), caused by the non-redundancy of the reservation, which narrows the range of their change from (0 – 1) to the interval (Pkr-1), in which this type of reservation is beneficial.

As reliability indicators of the redundant subsystem and its elements, their probabilities for trouble-free operation during the execution of the task are used. The aim of the research is to determine the influence of the significant parameters (reliability of elements, values of the realized tolerances, aliquot redundancy) on the reliability of the redundant subsystem. The calculations of the criterial function were carried out using the formula of the binomial distribution law.

The results of the calculations made it possible to draw the following conclusions:

1) There are no tolerances at which it is always advantageous to choose the minimum redundancy ratio, this is claimed in some sources;

2) In the range of possible tolerances from 0 to 100%, in the relative representation, exists the so-called equilibrium value equal to about 22%, on both sides of which the character of the dependences of the reliability of the redundant subsystem on the multiplicity of redundancy and reliability of the elements essentially changes;

3) Minimum multiplicities, providing the simplest structure is advantageous to use only at high values of tolerance and when used in the structures of the reservation of low-reliability elements.

Оценка взаимного влияния роторов Савониуса при различных вариантах группового размещения

Глазков В.С., Игнаткин Ю.М.
МАИ, г. Москва

В работе представлены результаты расчетов и оценки эффективности работы одной ячейки ветропарка, состоящей из двух роторов Савониуса, выполненные методом численного моделирования гидродинамических процессов (Computational Fluid Dynamics – CFD). В расчете рассмотрены две основные схемы взаимного размещения ветрогенераторов - вариант «тандем», где роторы расположены последовательно по отношению к направлению вектора скорости набегающего потока и вариант «пеленг», где роторы расположены последовательно с боковым смещением.

Приводятся результаты расчетов влияния впередистоящего ветроколеса на эффективность затеняемого им ветроколеса для диапазона расстояний между ними от D до 10D, где D - диаметр ротора ветроколеса при скорости набегающего потока 7,5 м/с, что соответствует числу Рейнольдса Re = 150000 для схем «тандем» и «пеленг».

Представлены результаты расчетов эффективности работы группы ветряков одинакового и противоположного вращения при размещении по схеме «тандем» и «пеленг», а также приведено их сравнение с экспериментом.

Приводятся зависимости эффективности ячейки ветропарка от расстояния между роторами и направлением вращения.

Дана оценка взаимного влияния роторов Савониуса при различных вариантах компактного группового размещения и приводятся рекомендации по увеличению эффективности ветропарков путем оптимизации расположения в них ветрогенераторов, исходя из их направления вращения, заложенного в конструкции ветроколес и основываясь на результатах, полученных в данной работе.

Evaluation of the mutual influence of Savonius rotors for various variants of group placement

Glazkov V.S., Ignatkin Y.M.
MAI, Moscow

The paper presents the results of calculations and evaluation of the efficiency of a single cell in a wind farm consisting of two Savonius rotors, performed by the numerical simulation of hydrodynamic processes (Computational Fluid Dynamics (CFD)). In the calculation, two main schemes for the mutual placement of wind generators are considered - the "tandem" variant, where the rotors are arranged sequentially with respect to the direction of the velocity vector of the oncoming flow and the "bearings" variant, where the rotors are arranged in series with the lateral displacement.

The results of calculations of the influence of the front wind wheel on the efficiency of the wind wheel shaded by them for the range of distances between them from D to 10D are given where D is the diameter of the rotor of the wind wheel at the speed of the oncoming flow of 7.5 m / s, which corresponds to the Reynolds number Re = 150,000 for the "tandem" and "bearing".

The results of calculations of the efficiency of a group of wind turbines of the same and opposite rotation are presented in the "tandem" and "bearing" arrangement, and their comparison with experiment is given.

Dependences of efficiency of a cell of a wind park on distance between rotors and a direction of rotation are resulted.

The mutual influence of the Savonius rotors is evaluated for various variants of compact group placement and recommendations are given to increase the efficiency of wind farms by

optimizing the location of wind turbines in them, based on their direction of rotation, incorporated in the design of wind turbines and based on the results obtained in this study.

Моделирование деградационного изменения электротехнических устройств

Горбунов М.С., Лисов А.А., Чернова Т.А.
МАИ, г. Москва

Развитие и совершенствование техники и технологий, особенно в авиации, и в космонавтике, активное внедрение космических технологий в повседневную практику использования на «земле» обострило проблемы тяжёлых аварий и катастроф, ужесточило требования к надёжности технического оборудования, к обеспечению его безотказности, к разработке средств предупреждения отказов.

Во всех электротехнических объектах протекают сложнейшие физические процессы, нелинейные, нестабильные, со сложными границами сред, со сложными функциями распределения электромагнитных полей, характеризуемые множеством параметров. Деградационные процессы изменяют свойства материалов и элементов устройств, изменяют закономерности течения процессов. Математическое моделирование физических процессов в устройствах с учетом их деградации сложно, громоздко, и вследствие их сложности не всегда удается адекватно отразить реальные процессы.

Вследствие уникальности изделий, изготовленных на одной промышленной линии, уникальности комплекса допусков, уникальности условий эксплуатации, деградационные процессы в каждом объекте уникальны, присущи именно этому объекту.

Деградационное изменение сложного объекта можно определить по изменению ограниченного набора отдельных параметров, которые целесообразно назвать характеристическими. При поступлении технического устройства на место эксплуатации возможно установить начальное значение характеристического параметра (из паспортных данных, путём контрольных испытаний) и ширину коридора его допустимых изменений. Сформировать план контрольных испытаний объекта при эксплуатации с построением временных рядов, отражающих динамику изменения характеристических параметров. Путем аппроксимации временных рядов характеристических параметров установить закономерности деградационного изменения объекта, на основе которых выполнить прогноз остаточного ресурса, оценить момент деградационного отказа, снизить риски и даже исключить ситуации аварийных режимов.

Результаты работы целесообразно использовать в авиационном оборудовании, включающем широкий спектр приборов управления (гироскопических, систем управления антеннами и др.) и исполнительных устройств на основе электроприводов, резервирование которых резко усложняет и удорожает оборудование и недопустимо увеличивает его вес и габариты.

Modeling of electrical devices degradation change in aviation

Gorbunov M.S., Lisov A.A., Chernova T.A.
MAI, Moscow

The development and improvement of technology, especially in aviation and in space exploration, the active introduction of space technologies into everyday practice of use «on the ground» has exacerbated the problems of serious accidents and catastrophes, increased the requirements for the operational reliability of technical equipment, to ensure its reliability, to avoid technical object failures. In all electrical facilities, the most complex physical processes occur, nonlinear, unstable, with complex media boundaries, with complex electromagnetic field distribution functions, characterized by a multitude of parameters. Degradation processes change the properties of materials and elements of devices, change the patterns of the flow of processes. Taking into account the devices degradation mathematical modeling of their physical processes is complicated, cumbersome, and due to their complexity, it is not always possible to reflect the real processes adequately.

Due to the uniqueness of the products manufactured on the same industrial line, the uniqueness of the tolerances, the uniqueness of the operating conditions, the degradation processes in each facility are unique, inherent in this particular facility.

The degradation change of a complex object can be determined from the change in a limited set of individual settings, which can be appropriately called characteristic parameters. When the technical device arrives at the place of operation, it is possible to set the initial value of the characteristic parameter (from passport data, through control tests) and the width of the corridor of its permissible changes and to form a plan of control tests of the object in operation creating the time series reflecting the dynamics of the change in the characteristic parameters. By approximating the time series, it is possible to establish the patterns of the object degradation, on the basis of which to perform the forecast of the residual resource, evaluate the moment of degradation failure, reduce risks, and even exclude the situation of emergency modes.

The results of the work are advisable to use in aviation facilities, which includes a wide range of control devices (gyroscopic, antenna control systems, etc.) and actuators based on electric drives, the redundancy of which significantly complicates the equipment and increases its cost and unacceptably increases its weight and dimensions.

Бюджетирование погрешностей наведения осей ОЭА ДЗЗ по разным параметрам съемки, возникающих при орбитальной съемке поверхности Земли

Горчаков С.Ю., Геча В.Я., Жиленев М.Ю.
ВНИИЭМ, г. Москва

Бюджетирование погрешностей наведения оптико-электронной аппаратуры (ОЭА) является сложным математико-эвристическим процессом. В связи с этим важна верная формализация основных источников погрешностей и их суммарного воздействия на изображение, формируемого ОЭА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) КА.

Рассматриваются составляющие общего тензора погрешностей наведения осей ОЭА ДЗЗ с целью обеспечения требуемой точности наведения по разным параметрам съемки.

На момент регистрации изображения средствами ФПУ ti тензор погрешностей спутникоцентрического направления M^2 (r_ij^0), то есть – со спутника на снимаемую точку маршрута съемки на Земле при его съемке средствами целевой ОЭА, в отсутствие корреляции между параметрами можно представить в виде тензора погрешностей наведения. В него включены:

1. M^2 (x,y) – тензор погрешностей, измеренных в приборной системе координат (ПСК) съемочной целевой ОЭА координат точек на топографическом снимке, то есть сформированном при съемке в надир;

2. M^2 (f_об,x_0,y_0) – тензор погрешностей знания элементов внутреннего ориентирования в ПСК съемочной целевой ОЭА;

3. M_*^2 – тензор погрешностей эйлеровых углов оператора ориентации (или других описателей разворота) осей ПСК звездного датчика в ИСК;

4. M_0^2 – тензор погрешностей эйлеровых углов (или других описателей разворота) оператора взаимной ориентации оптической головки ЗД ПСК и ПСК целевой ОЭА.

5. M_орб^2 – тензор погрешностей координат КА на орбите в соответствующие системе координат на момент регистрации изображения средствами целевой ОЭА;

6. M_мс^2 – тензор погрешностей знания координат точек тех или других линий или угловых параметров, которыми задается маршрут съемки на Земле.

Обычно выделяются относительно стандартные основные источники погрешности наведения целевой ОЭА на МС на Земле:

1) несанкционированный разворот осей КА вокруг его собственного ц.м. из-за погрешностей ориентации и стабилизации в совокупности с остаточными деформациями и дрейфами конструкции, соединяющей целевой ОЭА с ЗД и датчиками угловых скоростей (ДУС);

2) сдвиги относительно прогнозного положения КА на орбите при планировании съемки и случайные погрешности определения фактического положения КА на орбите, например, посредством спутниковой навигационной системы (СНС);

3) сдвиги во времени выполнения операций съемки Земли относительно запланированного и относительно фактического времени регистрации страйпа, например, отработки заданных программных угловых движений КА.

Combining different error sources which arises by different parameters during orbital survey in order to build up an error budget for purpose guidance of axes of earth observation optic-electronic instrument

Gorchakov S.Y., Gecha V.I., Zhilenev M.Y.
VNIIEM, Moscow

Error budgeting of guidance axis optic-electronic instrument remote sensing of the Earth is complicated mathematical heuristic process. Because correct description of main sources of errors and their cumulative effect on quality of image, which formation by optic-electronic equipment remote sensing of the Earth of spacecraft.

View elements of errors, which included in generation tensor of errors of guidance axes optic-electronic instrument remote sensing of the Earth on purpose procuring the required accuracy.

At the moment registration image by photodetector ti, the tensor of errors satellite-centric direction M^2 (r_ij^0), i. e. from satellite on point route of survey on Earth without correlation between parameters, can be represented in the form tensor errors of guidance. Which included:

1. M^2 (x,y) – tensor errors, which measured at instrumental system of coordinate optic-electronic equipment, point coordinates on topographic image, i. e. formation at survey in nadir.

2. M^2 (f_об,x_0,y_0) – tensor errors determination of elements internal orientation at instrumental system of coordinate optic-electronic equipment;

3. M_*^2 – tensor errors Euler's angles of orientation axis instrumental system of coordinate Star Sensor at Inertial System of Coordinate;

4. M_0^2 – tensor errors Euler's angles of relative orientation instrumental system of coordinate Star Sensor and instrumental system of coordinate optic-electronic equipment;

5. M_орб^2 – tensor errors coordinates of spacecraft on orbit at the system of coordinate at the moment registration of image by optic-electronic equipment;

6. M_мс^2 – tensor errors determination of coordinates points and lines of route of survey on Earth.

Usually describe standards main sources of errors of guidance axis optic-electronic equipment at route of survey on Earth:

1) random turn axis spacecraft around its center of mass because of errors orientation, stabilization and residual deformations and drifting of construction, which connect optic-electronic equipment with Star Sensor and detector angular velocity;

2) displacement relative prediction of spacecraft on orbit at planning survey and random errors of determination actual position of spacecraft on orbit, for example, due to satellite navigation system;

3) displacement in time of realization operation survey Earth relative planning and relative actual time registration stripe, for example, realization preset program angle move of spacecraft.

Солитоны и хаос в упругих трубах

Гуслякова В.А., Геворгян А.А., Гладышев В.М.
МАИ, г. Москва

Рассматриваемый процесс описывается нелинейным интегро-дифференциальным уравнением типа уравнения Бенджамина-Уизема.

Рассмотрим упругую трубу, заполненную сжимаемой жидкостью. Вдоль нее могут распространяться акустические импульсы, динамика которых определяется конкуренцией между нелинейностью и дисперсией, определяемой деформируемостью оболочки. В ряде

задач эти два фактора можно рассматривать как малое возмущение, что позволяет использовать асимптотические методы. Рассматриваемый процесс описывается нелинейным интегро-дифференциальным уравнением типа уравнения Бенджамина-Уизема, которое в случае волн стационарного профиля приводится к гамильтоновой системой с двумя степенями свободы, и которая исследовалась методами качественного и численного анализа. В ходе исследования были получены следующие результаты:

• Отсутствие аналитичности гамильтониана при малых скоростях привела к существованию финитных импульсов (далее солитонов), то есть решений обращающихся в ноль вне некоторого конечного пространственного интервала;

• Показано, что в системе могут существовать только симметричные солитоны, которые образуют счетную последовательность;

• В процессе были построены как односолитонные решения (то есть имеющие один локальный максимум), так и многосолитонные;

• Построены периодические решения как гиперболического, так и эллиптического типа;

• Для гиперболических периодических решений построены гомоклинические и гетероклинические траектории;

• В фазовом пространстве динамической системы найдены области как с регулярным поведением траекторий (островки устойчивости), так и с хаотическим.

Solitons and chaos in elastic tubes

Guslyakova V.A., Gevorgyan A.A., Gladyshev V.M.
MAI, Moscow

Consider the elastic tube filled with the compressed liquid. Along acoustic impulses which dynamics is defined by the competition between the nonlinearity and dispersion determined by deformability of the shell. In a number of tasks these two factors can be considered as small perturbation that allows to use asymptotic methods. The considered process is described by the nonlinear integrodifferential equation like Benjamin- Witham's equation which in case of waves of a stationary pro-file is given to Hamilton system with two degrees of freedom and which was investigated by methods of the qualitative and numerical analysis. The following results have been received:

• The lack of analyticity of the Hamiltonian at low velocities has led to the existence of finite pulses (solitons), i.e. the solutions addressing in zero out of some final spatial interval;

• It is shown that in system can be only symmetric solitons which form the counta-ble sequence; have been constructed as the one-solitonic solutions (having one local maximum), and multisolitonic solutions;

• Periodic solutions of both hyperbolic, and elliptic type are constructed;

• Homo- and heteroclinical trajectories are constructed for homogeneous hyperbolic solutions

• Areas as with regular behavior of trajectories (stability isles), and with chaotic behavior are found in phase space of dynamic system.

Расчет на прочность и жесткость металлического многослойного бесшовного сильфона с подкрепляющими кольцами

Дормидонтов Н.Е.
НПО «Энергомаш», г. Химки

Металлические бесшовные сильфоны находят широкое применение в промышленности. Сильфоны представляют собой осесимметричную гофрированную оболочку, состоящую поочередно из кольцевых оболочек и торообразных секторов. За счет особенностей своей геометрической формы сильфоны способны совершать значительные перемещения под действием давления, температуры, осевой силы и изгибающего момента, что позволяет применять их для компенсации осевых и сдвиговых перемещений, углов поворота, тепловых расширений.

Основными сложностями при расчете многослойных бесшовных сильфонов являются: геометрическая нелинейность (учёт больших перемещений); физическая нелинейность (упругопластическая постановка); решение контактной задачи (контакт между слоями). Данные особенности зачастую трудно учесть, используя аналитические методы расчета. Развитие современного программного обеспечения, а в частности использование метода конечных элементов, позволило решить многие из вышеперечисленных проблем, возникающих при анализе напряженно-деформированного состояния сильфонов.

В данной работе рассмотрен металлический многослойный бесшовный сильфон с подкрепляющими кольцами. Подобные сильфоны используются в ракетных двигателях семейства РД170 для компенсации угла поворота в трубопроводах при качании камеры сгорания.

При расчете использовался пакет программ, использующий метод конечных элементов, позволяющий учесть нелинейные характеристики сильфона, контакт между слоями и подкрепляющими кольцами. Для построения корректной конечно-элементной модели с помощью аналитических методик расчета проведена верификация сетки для одного слоя сильфона. Решение контактной задачи осуществлялось методом кинематических ограничений. В качестве нагрузок были приняты: внутреннее давление и изгибающий момент. В результате расчета была получена качественная и количественная картина напряженно-деформированного состояния, значения угловой жесткости сильфона. Полученные данные хорошо согласуются с экспериментальными. Таким образом, используемые в данной работе методики могут быть применены в дальнейшем для расчета и проектирования многослойных бесшовных сильфонов.

Calculation of the strength and stiffness of a metal multilayer seamless bellows with reinforcing rings

Dormidontov N.E.
NPO “Energomash”, Khimki

Metal seamless bellows are widely used in industry. Bellows are an axisymmetric corrugated shell, consisting alternately of annular shells and toroidal sectors. Due to the features of its geometric shape, the bellows are able to make significant movements under the action of pressure, temperature, axial force and bending moment, which allows them to be used to compensate for axial and shear displacements, angles of rotation, thermal expansions.

The main difficulties in the calculation of multi-layer seamless bellows are: geometric nonlinearity (accounting for large displacements); physical nonlinearity (elastoplastic setting); solution of the contact problem (contact between layers). These features are often difficult to take into account using analytical calculation methods. The development of modern software, and in particular the use of the finite element method, has made it possible to solve many of the problems listed above, which arise when analyzing the stressed-deformed state of bellows.

In this paper, we consider a metal multilayer seamless bellows with reinforcing rings. Such bellows are used in rocket motors of the RD170 family to compensate for the rotation angle in the pipelines when the combustion chamber is rocked.

In the calculation, a software package was used that uses the finite element method, which allows for taking into account the nonlinear characteristics of the bellows, the contact between the layers and the reinforcing rings. To construct a correct finite element model using the analytical calculation methods, a verification of the grid for one layer of the bellows was carried out. The contact problem was solved by the method of kinematic constraints. As loads, internal pressure and bending moment were adopted. As a result of the calculation, a qualitative and quantitative picture of the stress-strain state, the angular rigidity of the bellows, was obtained. The data obtained are in good agreement with the experimental data. Thus, the methods used in this paper can be applied in the future for the calculation and design of multi-layer seamless bellows.

Оценка эффективности прогнозирования с помощью вероятностных моделей по ретроспективным данным

Думин П.Н., Поминов Д.А.
ООО «ПАВЛИН Техно», г. Москва

В работе рассматривается метод прогнозирования вероятностей авиапроисшествий, использующий в качестве основы ретроспективные данные.

Для прогнозирования вероятностных распределений различных типов авиационных инцидентов применяются марковские модели с непрерывным временем и дискретными состояниями, переход между которыми происходит в произвольные моменты времени и удовлетворяет свойствам ординарности и независимости приращений. Для применения предлагаемой модели необходимо каждому состоянию сопоставить фиксированный интервал количества событий. Количество состояний в таком случае будет обусловлено двумя показателями: общим числом событий определенного типа и заданной разрешающей способностью (числом происшествий в интервале). Далее выбираются равномерные временные точки, которым ставится в соответствие число авиационных происшествий, произошедших к определенному моменту времени. В качестве временных отрезков могут быть выбраны недели, месяцы, сезоны или другое разбиение, определяемое постановкой задачи. Подобную структуру можно представить в виде матрицы (матрицы наблюдений), в которой по строкам расположены временные точки, по столбцам – состояния, соответствующие интервалу числа авиационных происшествий. Элемент матрицы равен единице если в фиксированную временную точку произошло соответствующее конкретному состоянию число событий. Далее ставится задача идентификации свободных параметров модели (интенсивностей переходов между состояниями). Функционалом качества модели выступает статистика, основанная на идее минимизации суммы квадратов разностей модельных и наблюдаемых частот пребывания в состояниях модели по фиксированному числу временных точек.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской федерации в рамках Соглашения о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 г. № 14.576.21.0092 (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57617X0092) на выполнение прикладных научных исследований и экспериментальных разработок по теме: «Разработка нейросетевой системы прогнозирования авиа происшествий и управления рисками безопасности полетов на основе ретроспективных данных, включающих множество параметров и текстовых описаний событий».

Estimation of the effectiveness of forecasting using probabilistic models and retrospective data

Dumin P.N., Pominov D.A.
PAWLIN Technologies, Moscow

The paper considers a method for predicting the probabilities of air accidents using retrospective data as a basis.

For the prediction of probability distributions of various types aviation incidents Markov models with continuous time and discrete states are used. The transition between which occurs at arbitrary instants of time and satisfies the properties of ordinariness and independence of increments. To apply the proposed model, each state must be associated with a fixed interval of the number of events. The number of states in this case will be determined by two factors: the total number of events of a certain type and the specified resolution (the number of events in the interval). Further, uniform time points are chosen, which corresponds to the number of accidents that occurred at a certain point in time. Weeks, months, seasons or any other partition can be chosen as time periods. Such a structure can be represented in the form of a matrix (a matrix of observations), in which the rows are corresponding to the time points, columns are corresponding to the interval of the number of accidents (e.g. states). The element of the matrix is equal to unity if the number of events corresponding to a particular state has occurred at a fixed time point. Next, the task is to identify the free parameters of the model (the intensities of transitions

between states). The loss function of the model is statistics based on the idea of minimizing the sum of the squares of the differences in the model and observed residence frequencies in the states of the model from a fixed number of time points.

The work was supported by the Ministry of Education and Science Russian Federation within the framework of the Agreement on granting subsidies from September 26.09.2017 No. 14.576.21.0092 (The unique identifier of the agreement RFMEFI57617X0092 on implementation of applied scientific research on the topic: «Development of a neural network system for forecasting aviation accidents and managing safety risks based on historical data including many parameters and text descriptions events»).

Исследование устойчивости по Ляпунову центральной конфигурации в ограниченной задаче четырёх тел при наличии резонанса второго порядка

Есипов П.А.
МАИ, г. Москва

Рассматривается ограниченная задача четырёх тел. Уравнения движения тел в данной постановке задачи допускают частные стационарные решения, описывающие так называемые центральные конфигурации, когда все четыре тела располагаются в одной плоскости, в вершинах четырёхугольника. Четырёхугольник вращается относительно барицентра системы, не меняя размеров и формы. Зачастую центральные конфигурации неустойчивы, однако встречаются и устойчивые центральные конфигурации. В работе [1] рассматривалась центральная конфигурация, для которой три тела конечных масс находятся в вершинах равнобедренного треугольника, а тело малой массы лежит на срединном перпендикуляре к его основанию. Было показано, что устойчивость в линейном приближении может иметь место лишь в случае, когда тело малой массы располагается вне треугольника. Тогда тела образуют выпуклый четырехугольник.

В настоящей работе исследуется задача об устойчивости данной конфигурации по Ляпунову. При рассмотрении задачи учитываются только плоские возмущения тела малой массы, а движения тел конечной массы считаются известными: они движутся по круговым орбитам, образуя равносторонний треугольник. В этом случае уравнения возмущённого движения можно записать в виде автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы. Нелинейный анализ устойчивости выполнялся по следующей схеме. Была построена линейная каноническая замена переменных нормализующая квадратичную часть функции Гамильтона, а затем методом Хори-Депри гамильтониан был нормализован до членов четвёртой степени в его разложении в ряд в окрестности невозмущённого движения. На основании анализа коэффициентов нормальной формы гамильтониана были получены выводы об устойчивости по Ляпунову данной центральной конфигурации для случая резонанса второго порядка. Нерезонансный случай и случаи резонансов третьего и четвёртого порядка были ранее рассмотрены в [2].

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания (проект № 3.3858.2017/4.6).

Литература:

1. Брумберг В. А. Постоянные конфигурации в проблеме четырёх тел и их устойчивость – Астрономический журнал, 1975, т. 34, № 1, с. 55 – 74.

2. B. S. Bardin, P. A. Esipov. Investigation of Lyapunov stability of a central configuration in the restricted four-body problem - AIP Conference Proceedings 1959, 2018

Investigation of the Lyapunov stability of the central configuration in a restricted four-body problem in the second-order resonance case

Esipov P.A.
MAI, Moscow

The restricted four-body problem is considered. The equations of motion of bodies in the considered case have particular stationary solutions describing so-called central configurations, when all four bodies are located in one plane, at the vertices of quadrilateral. The movement is

such that the quadrilateral rotates relative to the barycenter of the system, with its size and shape. In [1] the central configuration was considered, for which three bodies of finite masses are located at the vertices of an isosceles triangle, and the body of small mass lies on the median perpendicular to its base. It was shown that stability in the linear approximation can take place only in the case when the small mass body is located outside the triangle so that the central configuration of four bodies forms a convex quadrilateral.

In this paper, the Lyapunov stability problem for this configuration is considered. Only flat perturbations of a body of small mass are taken into account, and the movements of bodies of finite mass are considered known. They are considered moving in circular orbits, forming an equilateral triangle. In this case, the equations of perturbed motion can be written as an autonomous Hamiltonian system with two degrees of freedom. Nonlinear stability analysis was performed as follows. A linear canonical change of variables for the normalizing quadratic part of the Hamilton function was constructed. Then using the Hori-Depri method, the Hamiltonian was normalized to terms of the fourth degree in its expansion in a series in a neighborhood of unperturbed motion. Based on the analysis of the coefficients of the normal form of the Hamiltonian, conclusions about the Lyapunov stability of this central configuration for the case of a second-order resonance were obtained. The non-resonant case and the cases of third and fourth order resonances were previously considered in [2].

The work was performed within the framework of the state assignment (project No. 3.3858.2017 / 4.6).

References:

1. Brumberg V.A., Permanent configurations in the problem of four bodies and their stability. astronomical journal, 1975

2. 2. B. S. Bardin, P. A. Esipov. Investigation of Lyapunov stability of a central configuration in the restricted four-body problem - AIP Conference Proceedings 1959, 2018

Оценка необходимого объема выборки для аппроксимации задачи максимизации функции вероятности

Женевская И.Д., Иванов С.В.

МАИ, г. Москва

Данная работа посвящена поиску верхней оценки числа реализаций случайной величины, необходимого для того, чтобы множество оптимальных стратегий задачи, аппроксимирующей задачу максимизации функции вероятности, являлось подмножеством множества оптимальных стратегий исходной задачи максимизации функции вероятности. Поиск данной оценки актуален в случае, когда функция распределения непрерывной случайной величины оценивается выборочной функцией распределения, которая используется для построения аппроксимации задачи стохастического программирования. Построение данной аппроксимации позволяет использовать методы решения задач максимизации функции вероятности в случае дискретного распределения вектора случайных параметров, а именно сведение исходной задачи стохастического программирования к задаче смешанного целочисленного программирования. Доказывается гипосходимость выборочных функций вероятности, что в свою очередь гарантирует сходимость аппроксимации задачи максимизации функции вероятности по значению целевой функции и по стратегии оптимизации. В данной же работе представлен результат, позволяющий на практике получать решение аппроксимирующей задачи, которое будет отличаться от решения исходной задачи максимизации функции вероятности не более чем на заданное значение.

Для оценивания необходимого числа реализаций в работе используется экспоненциальная оценка больших уклонений вероятностной меры, на основе которой строится первичная оценка в случае, когда множеством допустимых стратегий является конечным множеством. А также, в предположении о линейности функции потерь, строится оценка необходимого числа реализаций, когда множество допустимых стратегий компактно, ограниченно, но не обязательно конечно.

Полученный результат позволяет использовать свойство гипосходимости функций вероятности для решения задач максимизации функции вероятности в случае непрерывного распределения вектора случайных параметров.

Литература:

1. Иванов С. В., Кибзун А. И. О сходимости выборочных аппроксимаций задач стохастического программирования с вероятностными критериями // АиТ. 2018. №2. С. 19-35

Estimation of the necessary sample size for approximation of the problem of maximizing the probability function

Zhenevskaya I.D., Ivanov S.V.
MAI, Moscow

This paper is devoted to the search for an upper bound for the number of realizations of a random variable necessary for the set of optimal strategies of the problem approximating the problem of maximizing the probability function to be a subset of the set of optimal strategies for the initial problem of maximizing the probability function. The search of this estimate is relevant in the case when the distribution function of a continuous random variable is estimated by an empirical distribution function, which is used to construct an approximation of the stochastic programming problem. The construction of this approximation allows us to use methods for solving the problems of maximizing the probability function in the case of a discrete distribution of the random parameters vector, specifically, reduction of the original problem of stochastic programming to the problem of mixed integer programming. The hypo-convergence of sample probability functions is proved in [1]. This guarantees the convergence of the approximation of the problem of maximizing the probability function by the value of the objective function and by optimization strategy. In the this paper, we present a result that allows in practice to obtain a solution of an approximating problem that will differ from the solution of the original problem of maximizing the probability function by not more than a given value.

To estimate the required number of realizations, an exponential estimate of large deviations of the probability measure is used, on the basis of which the initial estimate is constructed in the case when the set of admissible strategies is a finite set. And also, under the assumption of the linearity of the loss function, an estimate of the required number of realizations is constructed, when the set of admissible strategies is compact, bounded, but not necessarily finite.

The result obtained makes it possible to use the hypo-convergence property of probability functions to solve the problems of maximizing the probability function in the case of a continuous distribution of the random parameters vector.

References:

1. S. V. Ivanov A. I. Kibzun On the Convergence of Sample Approximations for Stochastic Programming Problems with Probabilistic Criteria // Avtomatika i Telemekhanika, 2018, No. 2, pp. 19–35.

Подсистема графического отображения результатов расчета в CAE Sigma

Жеребцов Р.В.
МАИ, г. Москва

Подсистема является частью постпроцессора [1] учебной CAE системы Sigma [2] с открытым исходным кодом, разработанной студентами кафедры 609 Московского Авиационного Института.

Назначение подсистемы – графическое отображение результатов расчета методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния плоского объекта.

Модуль графического отображения считывает файл-отчёт, в котором хранится информация о результатах прочностного расчёта.

Графический интерфейс реализован с использованием среды разработки «Borland Delphi» и одноименного объектно-ориентированного языка программирования «Delphi» [3]. Для создания интерфейса была разработана библиотека «ShowResult», которая использует стандартные подключаемые к ней модули-формы для отображения элементов интерфейса, а также подпрограммы «ShowMovings», «TSigmaForm», «ResultsArrays» и «Unit1», в которых реализованы различные процедуры и функции, необходимые для работы подсистемы.

Подсистема помогает индивидуально настраивать отображение результатов расчетов и обеспечивает анимацию объектов. Также она содержит различные инструменты для работы с моделью и для анализа полученных данных расчётов. Отображение модели в трёхмерном пространстве обеспечено возможностью её поворота относительно любой оси координат, изменения масштабирования, цвета и регулирования других настроек.

Подсистема графического отображения играет важную роль в анализе результатов вычислительных экспериментов, поскольку графический способ представления данных является наилучшим на всех уровнях детализации моделей объектов. Известно, что скорость восприятия графической информации примерно в 4 раза выше, чем скорость анализа символов, а в случае анализа данных прочностных расчётов методом конечных элементов разница особенно заметна, так как результаты могут содержать десятки и сотни тысяч чисел (узловые силы, перемещения узлов, значения напряжений в конечных элементах и другие числовые характеристики).

Литература:

1. Столярчук В.А. Постпроцессор учебно-исследовательской CAE Sigma для обучения разработчиков САПР аэрокосмической области. //Научно-технический вестник Поволжья, 2014, №5.

2. Столярчук В.А. Программный комплекс как учебный объект разработки. // Программные продукты и системы, 2016, №1. С.146-151.

3. Джулиан М. Бакнелл. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных в Delphi. // 2003.

Graphical representation subsystem of calculation results in CAE Sigma

Zherebtsov R.V.
MAI, Moscow

The subsystem is part of the postprocessor [1] of the open source educational CAE system Sigma [2] developed by the students of the 609 Chair of Moscow Aviation Institute.

The purpose of the subsystem is the graphical representation of the results of the calculation by the finite element method of the stress-strain state of a flat object. The graphical representation module reads the report file, which stores information about the results of strength calculation.

The graphical interface is implemented with using the development environment «Borland Delphi» and the eponymous object-oriented programming language «Delphi» [3]. For creating the interface, a "ShowResult" library was developed which uses the standard plug-in modules to display interface elements, as well as the subroutines "ShowMovings", "TSigmaForm",

"ResultsArrays" and "Unit1" in which various procedures and functions are implemented, necessary for the operation of the subsystem.

The subsystem helps to customize the display of calculation results and ensures the animation of objects. It also contains various tools for working with the model and for analyzing received calculations. The model's display in 3D space is provided by the possibility of its rotation relative to any axis of coordinates, changing the scaling, color and regulating other settings.

The graphical representation subsystem plays an important role in analyzing the results of computational experiments because the graphical representation of data is the best at all levels of detailing models of objects. It is known that the speed of perception of graphic information is about 4 times higher than the speed of symbol analysis and in case of analysis of strength calculations data by the finite element method the difference is especially noticeable because the results can contain tens and hundreds of thousands of numbers (nodal forces, moving nodes, stresses in finite elements and other numerical characteristics).

References:

1. Stolyarchuk V.A. Postprocessor of educational and research CAE Sigma for training CAD developers in the aerospace area. // Scientific and Technical Herald of the Volga Region, 2014, №5.

2. Stolyarchuk V.A. The program complex as an educational development object. // Software products and systems, 2016, No. 1. P.146-151.

3. Julian M Bucknall. Fundamental algorithms and data structures in Delphi. // 2003

Распределение числа пересечений прямолинейной полосы траекторией процесса дискретного броуновского движения

Зубов С.А., Соболь В.Р.

МАИ, г. Москва

В математических моделях систем, которые используются в различных областях, в том числе и в авиации, для описания разного рода воздействий, например, воздействия окружающей среды, используют случайные процессы. Так как эти воздействия складываются из большого числа факторов, то для того, чтобы учесть все возможные воздействия, в математической модели используется нормальное распределение. В качестве примера, можно рассматривать модель с дискретным процессом ценообразования, имеющего нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и некоторой дисперсией. Для этой модели, в работе приводится ряд формул, позволяющих определить распределение числа пересечений прямолинейной полосы траекторий процесса дискретного броуновского движения. Так же, на основе полученных формул, был составлен алгоритм подсчета количества пересечений полосы на заданном шаге. Данные формулы, а так же алгоритм имеют широкое применение в различных областях. В работе он был использован для подсчета потерь хеджера при использовании стратегии последовательного хеджирования. Кроме того, на основе полученных данных, был составлен алгоритм определения оптимальной ширины полосы нечувствительности. Определены формулы для подсчета вероятности последовательности состояний. Экспериментальная работа подтвердила корректность алгоритмов. Было проведено сопоставление результатов работы алгоритма с результатами моделирования по методу Монте-Карло. Были получены результаты численных вычислений и исследована связь между распределением количества пересечений полосы и потерями хеджера, определена оптимальная ширина полосы на практическом примере.

Distribution of the crosses of the strip of the discrete process of the Brownian Motion

Zubov S.A., Sobol V.R.

MAI, Moscow

Random processes are used in mathematical models of the different systems which are used in different fields including aviation to describe all kinds of influence such as environmental

influence. To consider all possible influences in the mathematical models normal distribution is used since such an influences are consisted of a big amount of factors. For example, we can study a discontinuous pricing model with a normal distribution, which has expected value with a zero value and random dispersion. Several equations are presented in this work in order to evaluate distribution of the crosses of the strip of the discrete process of the Brownian Motion. Using this equations an algorithm was made, which allows us to find an amount of crosses of the strip on the given step. This equations and presented algorithm has a widespread use in different field. In the work it was used to evaluate loses of the hedger using stop loss start-gain strategy. Moreover, algorithm which allows us to find an optimal width of the strip was made. Equations to evaluate probability of the sequences of states were defined. Those algorithms were tested using several methods which proved that they are correct. Results of those algorithm were compared with the results of the Monte-Carlo method. During the work the results of the evaluation were received and the connection between distribution of the crosses of the strip and loses of the hedger was studied, an optimal width of the strip was evaluated for a practical example.

Анализ свёрточных нейроархитектур применительно к задаче сегментации объектов на изображениях аэрофотосъемки

Игонин Д.М., Тюменцев Ю.В.
МАИ, г. Москва

Задача рассматриваемого исследования заключается в создании набора алгоритмов и реализующего их комплекса программных средств, обеспечивающих обработку изображений подстилающей поверхности с целью выделения на ней объектов с отнесением их к предписанным классам. Данная задача весьма актуальна в таких областях, как картографирование, геология, оценка природных ресурсов, военное дело и ряде других.

В рамках нейросетевой технологии к числу перспективных средств решения задачи разметки объектов, которую именуют также задачей семантической сегментации изображения, являются свёрточные нейронные сети [1] в различных архитектурных вариантах. Как показывает опыт решения задач подобного рода, наилучшие результаты показывают такие нейроархитектуры, как u-net, SegNet, DeepLab, FCN, ENet.

В решаемой задаче в качестве базы данных, которая содержит обрабатываемые изображения, была выбрана галерея снимков, полученных спутником WorldView-3, который не просто фотографировал земную поверхность, но и сканировал ее также в нескольких спектральных диапазонах для обнаружения на ней объектов различных типов.

В настоящее время предложен ряд архитектур нейронных сетей, с достаточно высокой эффективностью решающих задачу сегментации изображений. В то же время, отсутствуют данные сравнительного анализа этих нейроархитектур применительно к задаче анализа снимков, получаемых при дистанционном зондировании земной поверхности.

С целью получения таких оценок эффективности осуществляется тестирование упомянутых выше нейроархитектур на неразмеченных изображениях из баз данных NWPU-RESISC45 и UCMerced_LandUse, сопоставляется качество проводимой ими сегментации.

Литература:

1. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучениес погружение в мир нейронных сетей. – Питер, 2018. – 481 с.

Analysis of convolutional neural networks for the task of segmenting objects on aerial images

Igonin D.M., Tiumentsev Y.V.
MAI, Moscow

The task of this study is to create a set of algorithms and implement them as a software package that provides processing images of the underlying surface to highlight objects on it with

their assignment to the prescribed classes. This task is very relevant in areas such as mapping, geology, assessment of natural resources, military affairs, and others.

Within the framework of neural network technology, the convolutional neural networks [1] in various architectural variants are among the promising tools of solving the object markup problem, which is also called the task of semantic image segmentation. As the experience of solving problems of this kind shows, the best results are shown by such neuroarchitectures as u-net, SegNet, DeepLab, FCN, ENet.

In the task to be solved, as the database containing the processed images, a gallery of pictures taken by the WorldView-3 satellite was selected, which not only photographed the Earth's surface but also scanned it in several spectral ranges to detect objects of various types on it.

At present, many neural network architectures have been proposed, which solve the problem of segmentation of images with high efficiency. At the same time, there are no data for a comparative study of these neuroarchitectures as applied to the analysis of images obtained from remote sensing of the Earth's surface.

The neuroarchitectures mentioned above are tested on raw images from the NWPU-RESISC45 and UCMerced_LandUse databases, to obtain such efficiency estimates. The quality of their segmentation is also compared.

References:

1. Nikolenko S., Kadurin F., Arkgangelskaya E. Deep learning: An immersion in the world of neural networks. – SPb: Pieter, 2018. – 481 pp. (In Russian)

Приложение комплекса программ мультиагентных методов в задачах конструирования технических систем

Каранэ М.С.
МАИ, г. Москва

Проблема поиска экстремума многоэкстремальных функций часто возникает при решении практических задач. Это связно с тем, что целевая функция и ограничения, которым должно удовлетворять решение, являются нелинейными и зависящими от большого числа независимых переменных. По этой причине классические методы чаще всего оказываются неприменимы для таких задач. Поэтому появляется необходимость в разработке методов, которые смогут преодолеть проблемы, связанные со сложностью функций. В данной работе для решения задач оптимизации параметров технических систем были использованы метод, имитирующий поведение стаи рыб, метод, имитирующий поведение стаи криля, и метод, имитирующий империалистическую конкуренцию.

В задаче определения параметров сварной балки требуется найти высоту и длину сварного шва, высоту и ширину балки таким образом, чтобы стоимость конструкции балки была минимальной. Также конструкция должна удовлетворять ограничениям по напряжению сдвига, изгиба, продольной нагрузке и отклонению края балки.

В задаче определения параметров сосуда для хранения сжатого газа требуется определить толщину сосуда, головки, внутреннего радиуса, длину цилиндрической части так, чтобы стоимость конструкции сосуда была минимальной.

В задаче определения параметров редуктора требуется найти ширину лицевой стороны, длину зубцов, число зубцов на шестерне, длину первого и второго вала, диаметр первого и второго вала так, чтобы вес конструкции был минимальным. Кроме того, конструкция должна удовлетворять ограничениям по напряжению изгиба зубцов шестерни, поверхностному напряжению, поперечным отклонениям валов и напряжению на валах.

В задаче определения параметров пружины требуется определить диаметр проволоки, средний диаметр витка и число активных витков таким образом, чтобы вес конструкции пружины был минимальным. Помимо этого, пружина должна удовлетворять

ограничениям по минимальному отклонению, напряжению сдвига, частоте колебаний и ограничениям на внешний диаметр.

Основным результатом работы является разработка комплекса программ для решения задач оптимизации технических систем предложенными методами. Программа позволяет выбирать один из реализованных мультиагентных методов и решать им описанные задачи оптимизации, а так же подбирать наиболее подходящие параметры метода и коэффициенты штрафной функции, используемой для сведения задачи поиска условного экстремума к решению задачи безусловной оптимизации.

Application of a programs set of multi-agent optimization methods to the technical systems designing problems

Karane M.S.
MAI, Moscow

The problem of finding the global extrema of multi-extremal functions often arises in the solution of practical problems. This is connected with the fact that the objective function and the constraints to which it must satisfy are non-linear and depends on a large number of variables. For this reason, classical methods are often not applicable for such tasks. Therefore, there is a need to develop methods that can overcome the problems associated with the complexity of functions and effectively solve the tasks. In this article, Fish School Search, Krill Herd and Imperialist Competitive Algorithm were used to solve problems of optimizing the parameters of technical systems.

In the task of optimizing the parameters of a welded beam, the goal is to determine the minimum cost of the beam construction, which consists in determining the height and length of the weld, the height and width of the beam. The beam must satisfy the restrictions on shear stress, bending, longitudinal load and deflection of the edge of the beam.

In the task of determining the parameters of a vessel for storing compressed gas, the goal is to determine the minimum cost of the vessel design, which consists in determining the thickness of the vessel, the head, the inner radius and the length of the cylindrical part.

In the task of determining the parameters of the reducer, the goal is to determine the minimum weight of the gearbox design, which consists in determining the width of the front side, the length and number of teeth on the gear, the length and the diameter of the first and second shaft. The gearbox must satisfy the restriction on stresses of the gear teeth, the surface tension, the transverse deflection of the shafts and the stress on the shafts.

In the task of determining the parameters of the spring, the goal is to determine the minimum weight of the spring design, which consists in determining the diameter of the wire, the average diameter of the turn, and the number of active turns. The spring must satisfy the restriction on minimum deviation, shear stress, vibration frequency and limitations on the outer diameter.

The main result of the article is the development a programs set for solving problems of optimization of technical systems by the methods proposed. The program allows to choose one of the multi-agent optimization methods and solve the described optimization problems, as well as select the most appropriate method parameters and the penalty function coefficients.

Методы динамического анализа сцен в процессах управления беспилотной техникой

Колганов П.А., Тюменцев Ю.В.
МАИ, г. Москва

При построении систем управления беспилотной техникой критически важными для практического применения являются задачи оперативного анализа окружающей среды, в том числе, отслеживания и прогнозирования поведения объектов, находящихся в непосредственной близости от управляемого объекта.

В работе рассматривается задача анализа динамического окружения как составной части блока информационного обеспечения процессов управления беспилотным объектом.

Для построения прогноза перемещений динамических объектов перспективным является использование нейросетевых методов. Можно использовать, например, сети долгой краткосрочной памяти (LSTM), рекуррентные сети со стековой памятью (Stack-RNN), нейронные машины Тьюринга (NTM) и дифференцируемый нейронный компьютер (DNC), которые, однако, никак не учитывают конструктивные особенности и физические ограничения наблюдаемых объектов.

В общем случае, попытки построить прогноз поведения динамического объекта, находящегося в зоне внимания управляемого объекта, основывающийся только на использовании эмпирических моделей, включая перечисленные выше нейронные сети, не обеспечивает достаточной точности прогнозирования.

В данной работе, в дополнение к нейросетевым методам, предлагается использовать априорную информацию о наблюдаемом объекте и математическую модель его движения для построения более точного прогноза поведения данного объекта.

Так, например, в задаче управления летательным аппаратом его движение, т.е. выполняемые им манёвры, можно описать как набор параметрических кривых. Так как для летательных аппаратов обычно известны их аэродинамические и массово-инерционные характеристики, ограничения на допустимые режимы полёта и т.д., то эти данные могут быть использованы для повышения точности прогнозирования поведения наблюдаемых объектов.

Предлагаемый подход позволяет учитывать особенности конкретного объекта (например, тип летательного аппарата) в сочетании с эмпирическими данными, характеризующими шаблоны поведения наблюдаемого объекта.

Methods of dynamic scene analysis in control processes for unmanned vehicles

Kolganov P.A., Tyumentsev Y.V.
MAI, Moscow

In the development of control systems for unmanned vehicles, the tasks of online analysis of the environment, including monitoring and forecasting the behavior of objects in the proximity of the controlled object, are critical for practical application.

The paper deals with the problem of dynamic environment analysis as a part of the information support unit of unmanned object control processes.

The use of neural network methods is promising for predicting the motion of dynamical objects. We can use, for example, long-term memory networks (LSTM), recurrent networks with stack memory (Stack-RNN), neural Turing machines (NTM) and differentiable neural computer (DNC), which, however, do not take into account the design features and physical limitations of the observed objects.

In general, attempts to predict the behavior of a dynamical object in the area of attention our controlled object, based only on the use of empirical models, including the above neural networks, do not provide sufficient forecasting accuracy.

In this paper, in addition to neural network methods, it is proposed to use a priori information about the observed object and a mathematical model of its motion to build a more accurate prediction of the object behavior.

For example, in the task of controlling an aircraft, its motion, i.e., the maneuvers performed by it, can be described as a set of parametric curves. Since for aircraft, their aerodynamic and mass-inertial characteristics, limitations on permissible flight modes, etc. are usually known, these data can be used to improve the accuracy of predicting the behavior of the observed objects.

The proposed approach allows taking into account the features of a particular (for example, the type of aircraft) in combination with empirical data characterizing the behavior patterns of the observed object.

Стабилизация детонационной волны в канале переменного сечения

Кононов Д.С., Гидаспов В.Ю., Морозов А.Ю.
МАИ, г. Москва

Исследуется распространение сверхзвукового потока горючей смеси в канале переменного сечения. При численном моделировании предполагается, что течение одномерное, эффекты вязкости, теплопроводности и диффузии не учитываются. Считается, что канал имеет минимальное сечение и следующий за ним расширяющийся участок. Рассматривается случай, когда течение на входе и выходе из канала сверхзвуковое, а внутри канала реализуется ударная (или детонационная) волна в которой поток тормозится до дозвуковой скорости. Данная задача в стационарной замороженной и равновесной постановках рассматривалась в работе [1]. Необходимо отметить, что в случае замороженного и равновесного течения стационарное решение зависит исключительно от соотношения площадей канала в текущем, начальном и минимальном сечении. В [1] приводится расчетные соотношения для определения сечения канала, в котором должна находиться ударная (детонационная) волна, чтобы обеспечить последующий разгон потока в сопле до сверхзвуковых скоростей. В настоящей работе исследуются вопросы, связанные со стабилизацией ударной (детонационной) волны в канале в квазиодномерной нестационарной постановке для случая замороженного течения и при наличии неравновесных экзотермических химических реакций. Показано, что стационарная ударная (детонационная) волна, если она существует, является устойчивой в расширяющемся канале, а в сужающемся канале является неустойчивой (данный факт для случая замороженного течения отмечен в [2]). Для обеспечения решения рассматриваемой задачи канал должен иметь как минимум два сужения (т.е. иметь форму в виде двух последовательно расположенных сопел Лаваля [2]), причем площадь критического сечения первого сопла должна превышать площадь критического сечения второго.

Численно моделировалось течение реагирующей смеси в замороженной и химически неравновесной постановках. Для заданной формы канала найдены диапазоны параметров, при которых реализуются устойчивые ударные (детонационные) волны. Сравнение результатов расчетов нестационарных химически неравновесных течений с данными [1], показывает ожидаемо хорошее совпадение в высокотемпературном случае.

Работа выполнена при поддержке Госзадания 9.7555.2017/БЧ.

1. Гидаспов В.Ю. Численное моделирование одномерного стационарного равновесного течения в детонационном двигателе. Электронный журнал “Труды МАИ”, 2015, № 83, 20 с.
2. Черный Г. Г. Газовая динамика. — М.: Наука, 1988. — 424 с.: ил.

Stabilization of a detonation wave in a channel of a variable cross section

Kononov D.S., Gidaspov V.Y., Morozov A.Y.
MAI, Moscow

The propagation of a supersonic flow of a combustible mixture in a channel of variable cross-section is investigated. In numerical simulation, it is assumed that the flow is one-dimensional, the effects of viscosity, thermal conductivity and diffusion are not taken into account. It is assumed that the channel has a minimum cross-section and the following expanding section. We consider the case when the flow at the inlet and outlet of the channel is supersonic, and inside the channel an impact (or detonation) wave is realized in which the flow is decelerated to subsonic speed. This problem was studied in stationary frozen and equilibrium formulations in [1]. It should be noted that in the case of a frozen and equilibrium flow, the stationary solution depends solely on the ratio of the channel areas in the current, initial and minimum cross sections. In [1], the calculated ratios for determining the channel cross-section in which the shock (detonation) wave should be located are provided to ensure the subsequent acceleration of the flow in the nozzle to supersonic velocities. In this paper we investigate the problems associated with the stabilization of a shock (detonation) wave in a channel in a quasi-one-dimensional nonstationary formulation for the case of frozen flow and in the presence of nonequilibrium

exothermic chemical reactions. It is shown that a stationary shock (detonation) wave, if it exists, is stable in an expanding channel, and is unstable in a narrowing channel (this fact was noted in the case of a frozen flow in [2]). To ensure the solution of the problem under consideration, the channel must have at least two constrictions (i.e., have a form of two successively located Laval nozzles [2]), the area of the critical section of the first nozzle exceeding the critical sectional area of the second one.

The flow of the reacting mixture was numerically simulated in the frozen and chemically nonequilibrium formulations. For a given channel shape, parameter ranges are found for which stable shock (detonation) waves are realized. A comparison of the results of calculations of nonstationary chemically nonequilibrium flows with data [1] shows an expected good coincidence in the high-temperature case.

1. Gidaspov V.Yu. Numerical simulation of a one-dimensional steady-state equilibrium flow in a detonation engine. Electronic Journal "Proceedings of the MAI", 2015, No. 83, 20 p.

2. Cherniy G. G. Gas dynamics. - Moscow: Nauka, 1988. - 424 p.

Точный аналитический алгоритм оптимального по быстродействию разворота осесимметричного космического аппарата в классе конических движений

[1]Молоденков А.В., [1]Сапунков Я.Г., [2]Молоденкова Т.В.

[1]ИПТМУ РАН, [2]СГТУ, г. Саратов

В кватернионной постановке рассматривается задача оптимального по быстродействию разворота космического аппарата (КА) как твердого тела с одной осью симметрии и ограниченной функцией управления. С помощью замен переменных исходная задача оптимальной переориентации осесимметричного КА упрощается (в отношении динамических уравнений Эйлера) до задачи оптимального разворота твердого тела со сферическим распределением масс, содержащей одно дополнительное скалярное дифференциальное уравнение. С использованием принципа максимума Л.С. Понтрягина для этой задачи представлено точное аналитическое решение в классе конических движений. Дается алгоритм оптимальной переориентации КА. Представлено явное выражение для оптимального управления и постоянного по модулю оптимального вектора угловой скорости КА. Траектория движения осесимметричного КА представляет собой регулярную прецессию. Векторы начального и конечного значений угловой скорости КА должны принадлежать конической поверхности, порождаемой другими произвольно заданными постоянными условиями задачи. Приводится числовой пример, представляющий собой оптимальную переориентацию осесимметричного КА “Спейс Шаттл” (рассматриваемого как твердое тело) в классе конических движений. Доклад продолжает исследования, представленные в [1-3]. Отметим, что в [1,2] были получены аналитические решения традиционной и модифицированной задач оптимального в смысле минимума энергетических затрат и оптимального по быстродействию разворотов сферически-симметричного КА (твердого тела) в классе конических и обобщенных конических движений. В [3] начато исследование задачи оптимального по быстродействию разворота осесимметричного КА в классе конических движений.

Литература:

1. Молоденков А.В., Сапунков Я.Г. Аналитическое решение задачи оптимального разворота сферически-симметричного космического аппарата в классе конических движений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2013. № 3. С. 167-176.

2. Молоденков А.В., Сапунков Я.Г. Аналитическое решение задачи оптимального по быстродействию разворота сферически-симметричного космического аппарата в классе конических движений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. № 2. С. 13-24.

3. Сапунков Я.Г., Молоденков А.В., Молоденкова Т.В. Алгоритм оптимальной по быстродействию переориентации осесимметричного космического аппарата в классе конических движений // Мехатроника, автоматизация, управление. Том 19, № 12, 2018.

The exact analytical algorithm of the time-optimal turn of an axially symmetric spacecraft in the class of conical motions

[1]Molodenkov A.V., [1]Sapunkov Y.G., [2]Molodenkova T.V.
[1]IPMC RAS, [2]SSTU, Saratov

The problem of the time-optimal turn of a spacecraft (SC) as a rigid body with one axis of symmetry and bounded control function in absolute value is considered in the quaternion statement. For simplifying problem (concerning dynamic Euler equations), we change the variables reducing the original optimal turn problem of axially symmetric SC to the problem of optimal turn of the rigid body with spherical mass distribution including one new scalar equation. Using the Pontryagin maximum principle, a new analytical solution of this problem in the class of conical motions is obtained. Algorithm of the optimal turn of SC is given. An explicit expression for the constant in magnitude optimal angular velocity vector of SC is found. The motion trajectory of SC is a regular precession. The conditions for the initial and terminal values of SC angular velocity vector are formulated. These conditions make it possible to solve the problem analytically in the class of conical motions. The initial and the terminal vectors of SC angular velocity must be on the conical surface generated by arbitrary given constant conditions of the problem. The numerical example is presented. The example contain optimal reorientation of the Space Shuttle in the class of conical motions. Report continues researches started in [1-3]. Note that in [1,2] were obtained analytical solutions of traditional and modified problems optimal in the sense of the minimum of energy loss and time-optimal turns of a spherically symmetric SC in the class of conical and generalized conical movements. In the [3] started research of the problem of time-optimal turn of an axially symmetric SC in the class of conical motions.

References:

1. Molodenkov A.V. and Sapunkov Ya.G. Analytical Solution of the Optimal Slew Problem of a Spherically Symmetric Spacecraft in the Class of Conical Motion// Journal of Computer and Systems Sciences International. 2013. Vol. 52. № 3. P. 491-501.

2. Molodenkov A.V. and Sapunkov Ya.G. Analytical Solution of the Time-Optimal Slew Problem of a Spherically Symmetric Spacecraft in the Class of Conical Motion// Journal of Computer and Systems Sciences International. 2014. Vol. 53. №.2. P. 159-171.

3. Sapunkov Ya.G., Molodenkov A.V., Molodenkova T.V. Algorithm of the Time-Optimal Reorientation of an Axially Symmetric Spacecraft in the Class of Conical Motions// Mexatronika, Avtomatizaciya, Upravlenie. 2018. Vol. 19. №.12.

О вариантах моделирования теплообмена в разработке технология селективного лазерного сплавления

Молотков А.А.
МАИ, г. Москва

Технология SLM (селективное лазерное сплавление) - это новая аддитивная технология, которая представляет большой интерес для отрасли. В компании ЗАО «НИИ ЭСТО» создана новая лазерная промышленная машина для внедрения SLM технологии.

Разработка физико-математической модели SLM-процесса является актуальной задачей, поскольку численное моделирование процесса ускорит создание технологического оборудования и выбор его режимов работы. Экспериментальный выбор режимов работы установки очень дорог и занимает много времени. Решается задача нахождения температурного поля в трехмерной детали сложной формы в условиях радиационно-кондуктивного теплообмена с учетом фазовых переходов (плавление, отвердевание). Создана математическая модель нагрева с помощью лазерного излучения, которое задаётся гауссовым пучком.

Первый вариант расчетов был выполнен с использованием программного пакета Ansys, который использует метод конечных элементов.

Второй вариант вычислений был выполнен с использованием нашей собственной программы SLMT1, для численного решения мы использовали явную разностную схему. В программе SLMT1 используется модель фазового перехода, которая является улучшенной

версией модели, использованной нами ранее, с резким увеличением теплоемкости в небольшом температурном интервале вблизи критической точки, что уменьшает погрешность расчета [1]. Экономичный подход к расчетам позволил сократить количество затраченного времени. Результаты расчетов сравнивались с работами других авторов, использующими различные методы учета фазовых переходов и различные численные модели. Было достигнуто хорошее соответствие.

Мы работаем над созданием третьего варианта программы моделирования SLM с использованием неявной конечно-разностной схемы со свойством абсолютной устойчивости, что позволит дополнительно увеличить производительность вычислений. Параллельно ведется работа по совершенствованию модели.

Литература:

1. Лебёдкин И.Ф., Молотков А.А., Третьякова О.Н. Математическое моделирование тепловых процессов для разработки лазерных SLM технологий. // В сб. докладов: Российская научно-техническая конференция с международным участием «Оптические технологии, материалы и системы» ОПТОТЕХ – 2017, Москва, 14-15 декабря 2017 г. Физико-технологического института Московского технологического университета [Электронный ресурс]. С. 61-67.

On the options for modeling heat transfer in the development selective laser melting technology

Molotkov A.A.
MAI, Moscow

SLM (selective laser melting) technology is a new additive technology, that is of great interest to the industry. A new laser industrial machine for the implementation of SLM technology has been created at the company ZAO NII ESTO.

The development of the SLM-process model is an actual task, because the numerical simulation of the process will speed up the creation of technological equipment and the choice of its operating modes. Experimental selection of operating modes of the installation is very expensive and time-consuming. The problem of finding the temperature field in a three-dimensional detail of a complex shape is solved in the process of radiation-conductive heat exchange, taking into account phase transitions (melting, solidification). A mathematical model of heating by laser radiation, which is a Gaussian beam, is created.

The first variant of the calculations was carried out using the software package Ansys, which uses the finite element method.

The second version of the calculations was carried out using our own program SLMT1, we based the numerical solution using an explicit finite-difference scheme. The SLMT1 program uses a phase transition model, which is an improved version of the model we used earlier, with a sharp increase in heat capacity over a small temperature range near the critical point, which reduces the calculation error [1]. Economical approach to the calculations made it possible to reduce the amount of time spent. The results of calculations are compared with the work of other authors who used various methods of taking into account phase transitions and various numerical models for calculating temperature fields, good agreement was obtained.

We are working on creating a third version of the SLM simulation program using an implicit finite-difference scheme with the absolute stability property, which will further increase the computational performance. In parallel, work is underway to improve the model.

Literature:

1. Lebedkin I.F., Molotkov A.A., Tretyakova O.N. Mathematical modeling of thermal processes for the development of laser SLM technologies. // In: Russian Scientific and Technical Conference with International Participation "Optical Technologies, Materials and Systems" OPTOTEH - 2017, Moscow, December 14-15, 2017 Institute of Physics and Technology Moscow Technological University [Electronic resource]. Pp. 61-67.

Аналитические и численные методы гашения колебаний движущегося полотна

Неборонов М.М., Романенков А.М., Муравей Л.А.
МАИ, г. Москва

Рассматриваемая задача актуальна для производственных процессов, которые связаны с продольным движением плоских материалов. Типичным примером таких процессов являются конвейеры. Для таких процессов крайне нежелательны возникающие поперечные колебания (возмущения), которые описываются гиперболическим уравнением с начальными и краевыми условиями. В качестве плоского материала было рассмотрено бумажное полотно, так как изгибной жесткостью данного материала можно пренебречь.

При этом возникает задача гашения поперечных колебаний продольно движущегося бумажного полотна за конечное время. Так как управление в рассматриваемой задаче зависит не только от времени, но и от пространственной переменной, то основным методом аналитического исследования является исследование возникающей здесь тригонометрической проблемы моментов на произвольном временном отрезке. Для движущегося бумажного полотна находится минимальный во всём классе допустимых возмущений временной отрезок, на котором образующая проблему моментов тригонометрическая система является базисом Рисса. Это позволяет, используя сопряженную ей систему, найти в виде ряда оптимальное управление, соответствующее минимальному времени гашения колебаний (и, таким образом, построить «так называемый оптимальный демпфер»). Для приближенного и численного решения задачи вводятся различные классы демпферов, позволяющие, в частности, установить необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума Л.С. Понтрягина или получить численные решения задачи, используя методы условной оптимизации и градиентного спуска.

В данной работе были использованы следующие численные методы: метод матричной прогонки – для решения дифференциального уравнения, метод наискорейшего градиентного спуска – для оптимизации решения в 2-х областях отрезка, на котором происходит движение, метод дихотомии – для минимизации функции в методе наискорейшего спуска. Для вычислений и визуализации результатов с помощью графиков была использована среда разработки MATLAB.

Таким образом, показано, что задача решается за конечное время, и имеет место визуальное представление процесса гашения колебаний полотна и работы демпферов на конечном временном отрезке.

Analytical and numerical methods for damping vibrations of moving webs

Neboronov M.M., Romanenkov A.M., Muravey L.A.
MAI, Moscow

The problem under consideration is relevant for production processes that are associated with the longitudinal motion of flat materials. A typical example of such processes are conveyors. For such processes, the resulting transverse oscillations (disturbances) are extremely undesirable, which are described by a hyperbolic equation with initial and boundary conditions. As a flat material, a paper web was considered, since the bending stiffness of this material can be neglected.

This raises the problem of suppressing the lateral vibrations of a longitudinally moving paper web in a finite time. Since the control in this problem depends not only on time, but also on the spatial variable, the main method of analytical investigation is to study the trigonometric problem of moments arising here on an arbitrary time interval. For a moving paper web there is a minimal in the whole class of admissible perturbations of the time interval on which the trigonometric system forming the problem of moments is the Riesz basis. This makes it possible, using the system interfaced to it, to find in the form of a series the optimal control corresponding to the minimum damping time of the oscillations (and, thus, to construct the "so-called optimal damper"). For an approximate and numerical solution of the problem, various classes of damping are introduced, which, in particular, make it possible to establish the necessary optimality

conditions in the form of the maximum principle. Pontryagin or to obtain numerical solutions of the problem using the methods of conditional optimization and gradient descent.

In this paper, the following numerical methods were used: the matrix sweep method to solve the differential equation, the steepest gradient descent method, to optimize the solution in the two regions of the segment on which the motion occurs, the dichotomy method to minimize the function in the steepest descent method. For calculations and visualization of results using graphs, the MATLAB development environment was used.

Thus, it is shown that the problem is solved in a finite time, and there is a visual representation of the blanking process and the operation of the dampers in the finite time interval.

Новые соотношения для аналитических решений гиперболических моделей переноса

Ненахов Е.В.
МАИ, г. Москва

Теория процессов переноса в системах, не находящихся в состоянии термодинамического равновесия, основана на обобщенной системе уравнений Онзагера для потоков субстанций (теплоты, массы) /1/. При надлежащем выборе параметров в системе соотношение Онзагера приводит к обобщенному закону переноса на уровне элементарных актов Каттанео-Максвелла Лыкова Вернотта /2/ и далее с использованием уравнения энергии к краевым задачам нестационарной теплопроводности обобщенного типа. Такие задачи значительно отличаются от классических, являясь более сложными при нахождении их аналитических решений при этом достаточно громоздкого вида. Проведенные исследования показали, что для обобщенных тепловых задач еще остались математические резервы, позволяющие существенно упростить аналитические решения указанных задач за счет специальных преобразований, приводящих к новым функциональным конструкциям, неизвестным ранее. Этим вопросам посвящена настоящая работа, суть которой заключается в следующем.

Операционные решения обобщенных тепловых задач, содержащие соотношения Карслоу-Егера /2/ допускают при переходе к оригиналам новые функциональные формы путем прямого вычисления контурных интегралов Римана-Меллина с точками ветвления и далее с помощью специально разработанных преобразований к интегральным формам следующего также нового вида. При этом доказывается эквивалентность известных решений аналитическим решениям нового вида.

Полученные новые решения существенно упрощают вычислительные эксперименты и могут быть использованы во многих практических случаях аналитической теплофизики.

Литература:

1. Карташов Э.М., Кудинов В.А. Аналитические методы теории теплопроводности и термоупругости. М.:URSS.2012.670 с.
2. Карташов Э.М., Ненахов Е.В. Гиперболические модели нестационарной теплопроводности //Тепловые процессы в технике. 2018.Т.10.№1-2. С 47-55.

New relations for analytic solutions of hyperbolic transport models

Nenakhov E.V.
MAI, Moscow

The theory of transport processes in systems not in a state of thermodynamic equilibrium is based on the generalized system of Onsager equations for substance flows (heat, mass) / 1 /. Cattaneo-Maxwell Lykov Vernot / 2 / and further using energy energy to boundary-value problems of nonstationary heat conductivity of generalized type. Such problems differ significantly from the classical ones, being more complicated when finding their analytical solutions, while being rather cumbersome. The carried out researches have shown that for generalized thermal problems there are still mathematical reserves that allow to simplify essentially the analytical solutions due to special transformations leading to new functional

constructions unknown earlier. These questions are devoted to this work, the essence of which is as follows.

The operational solutions of generalized heat problems, the content of the Carlow-Yeager calculations, 2 / allow for new functional forms for direct calculations of the Riemann-Mellin contour integrals with branch points and further with the help of specially developed transformations to integral forms of the next and new type. Moreover, the equivalence of the known solutions to analytic solutions of a new type is proved.

Received new solutions that can be used in many practical cases of analytical thermophysics.

References:

1. Kartashov EM, Kudinov VA Analytical methods of the theory of thermal conductivity and thermoelasticity. M .: URSS.2012.670 with.

2. Kartashov E.M., Nenakhov E.V. Hyperbolic models of non-stationary heat conduction // Thermal processes in engineering. 2018. T.10.№1-2. C 47-55.

Моделирование многолучевого распространения радиоволн в математической модели наземного радиолокатора

Осипов П.В.

МАИ, г. Москва

Рассматривается алгоритм моделирования многолучевого распространения радиоволны, отраженной от летательного аппарата, для наземного радиолокатора. Алгоритм позволяет оценить коэффициент отражения от подстилающей поверхности. Для оценки результатов моделирования производится сравнение с результатами натурного эксперимента. Алгоритм заключается в моделировании четырёх путей распространения радиоволн, воздействующих на приёмное устройство радиолокатора:

• Передающая антенна — цель — приёмная антенна;

• Передающая антенна — цель — земля — приёмная антенна;

• Передающая антенна — земля — цель — приёмная антенна;

• Передающая антенна — земля — цель — земля — приёмная антенна.

Для трёх последних путей распространения сигнала производится расчёт угла скольжения отражения от цели об подстилающую поверхность таким образом, чтобы сигнал, переотражённый от земли, попал на вход приёмного устройства. Алгоритм встраивается в математическую модель, включающую в себя:

• Модель многофункционального радиолокатора, включающая в себя модели антенной системы, устройства обработки сигналов, передающего устройства и управляющего компьютера;

• Модель летательного аппарата;

• Модель внешней помеховой обстановки;

Алгоритм учитывает рефракцию радиоволн. Входными данными являются: дальность до цели, высота цели, высота фазового центра антенны, коэффициент отражения поверхности. В процессе работы алгоритма рассчитывается интерференционный множитель. Расчёт данного множителя производится итеративно, методом Ньютона.

По результатам натурного эксперимента показано, что разработанный алгоритм предоставляет сходные результаты при подборе соответствующего коэффициента отражения от подстилающей поверхности.

Modeling multipath propagation of radiowaves in the mathematical model of ground-based radar

Osipov P.V.

MAI, Moscow

An algorithm is considered for modeling the multipath propagation of a radio wave reflected from an aircraft for ground-based radar. The algorithm makes it possible to estimate the reflection coefficient from the underlying surface. To evaluate the results of the simulation, a

comparison with the results of the full-scale experiment is made. The algorithm consists in modeling four paths of propagation of radio waves affecting the receiving device of the radar:

• Transmitter – target – receiver;
• Transmitter – target – surface – receiver;
• Transmitter – surface – target – receiver;
• Transmitter – surface – target – surface – receiver;

For the last three propagation paths, the grazing angle of the reflection from the target to the underlying surface is calculated so that the signal resampled from the ground hits the receiver`s input. The algorithm is built into a mathematical model, which includes:

• Radar model, including model of antenna system, model of receiver, model of transmitter and the operating computer;
• Target model;
• Environment model;

Refraction of radio waves was considered in the algorithm. Input data are: range to the purpose, target height, height of the phase center of the antenna, surface reflection coefficient. During the operation of the algorithm, an interference factor is calculated. The calculation of this factor is performed iteratively, by the Newton method. Based on the results of the full-scale experiment, it is shown that the developed algorithm provides similar results when selecting the appropriate reflection coefficient from the underlying surface.

Разработка программного комплекса для моделирования и визуализации проточной части турбореактивного двухконтурного двигателя

Перепечко С.В., Костиков Ю.А.
МАИ, г. Москва

Создание турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) с применением новых материалов и технологий является актуальной проблемой для современного двигателестроения. Возрастает роль информационных технологий в процессе проектирования и визуализации проточной части ТРДД и возникает задача разработки современного программного инструментария, позволяющего повысить эффективность рабочего процесса.

Архитектура программного комплекса реализована модульно. Методики расчета характеристик ТРДД основаны на алгоритмах, предложенных в [1]. Разработанный программный комплекс представляет собой совокупность DLL-модулей: интеграционного, представительного и расчетных, которые написаны на языке программирования C# 7.0 на платформе .NET Framework 4.6.2. Взаимодействие этих компонентов осуществляется при помощи интеграционного модуля, который обеспечивает управление ими, а также обмен информацией между ними.

Разработанный программный комплекс осуществляет моделирование и визуализацию проточной части ТРДД при задаваемых пользователем параметрах, обеспечивает высокую производительность и отказоустойчивость, имеет современный дружественный интуитивно понятный интерфейс. Модульная архитектура обеспечивает масштабирование и расширяемость функциональных возможностей комплекса. Процесс развертывания программного комплекса на персональном компьютере позволяет устанавливать все необходимые и недостающие компоненты без использования внешних средств данных. Все отмеченные черты программного комплекса позволяют поднять процесс проектирования проточной части ТРДД на качественно более высокий уровень.

В настоящее время программный комплекс проходит тестирование на одном из авиационных предприятий.

Литература:

[1]: Ржавин Ю. А., Емин О. Н., Карасёв В. Н. – Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Теория и расчет. – М.: Издательство МАИ, 2008. – 699 с.

Development of a software package for modeling and visualization of the flow part of a turbojet engine

Perepechko S.V., Kostikov Y.A.
MAI, Moscow

The creation of turbojet two-circuit engines (turbojet) with the use of new materials and technologies is an urgent problem for modern engine building. The role of information technology in the design and visualization of the flow part of the turbojet and the task of developing modern software tools to improve the efficiency of the workflow.

The architecture of the software complex is implemented modularly. Methods of calculation of turbojet characteristics are based on the algorithms proposed in [1]. The developed software package is a set of DLL-modules: integration, representative and calculation, which are written in the C# 7.0 programming language on the .NET Framework 4.6.2. The interaction of these components is carried out with the help of an integration module that provides management and exchange of information between them.

The developed software package provides modeling and visualization of the flow part of the turbojet engine with user-defined parameters, provides high performance and fault tolerance, has a modern user-friendly intuitive interface. The modular architecture provides scalability and extensibility of the complex functionality. The process of deploying the software package on a personal computer allows you to install all the necessary and missing components without using external data tools. All marked features of the software allow to raise the process of designing the flow part of the turbojet to a qualitatively higher level.

Currently, the software package is being tested at one of the aviation enterprises.

References:

[1]: Rjavin Y. A., E. O. N., Karasev V. N. Blade machine aircraft engines. Theory and calculation. - M.: Publishing MAI, 2008. - 699 p.

Решение стохастической одноэтапной задачи размещения предприятий методом поиска с чередующими окрестностями (метод VNS) и методом имитации отжига

Пономаренко А.Н.
МАИ, г. Москва

В последние годы в нашей стране сильно развивается предпринимательская деятельность. Одним из наиболее важных факторов прибыльности предприятия является его грамотное расположение. Как правило, предприниматели подходят к этому вопросу, опираясь лишь на жизненный опыт, не уделяя достаточно внимания математическим аспектам анализа данной задачи.

Для решения задачи оптимального размещения предприятий предлагается воспользоваться математической моделью в виде одноэтапной задачи стохастического программирования с квантильным критерием. При ее решении будем стремиться к минимизации затраченных средств, тем самым увеличивая прибыль. При принятии решения об открытии предприятия учитываются затраты на открытие предприятия, приоритетность месторасположения для потребителей, потенциальный доход. Случайным параметром является доход, получаемый от посещения потребителями предприятия. Сформулированная задача была сведена к эквивалентной задаче целочисленного программирования. Для этого были найдены моментные характеристики распределения критериальной функции.

Задача была решена двумя методами: методом поиска с чередующими окрестностями (метод VNS) и методом имитации отжига. Было рассмотрено два варианта постановки задачи: с зависимыми и независимыми элементами матрицы доходности.

Для сравнения эффективности методов, задача решалась с одинаковыми параметрами, при больших и малых размерностях. Были построены и проанализированы графики полученных решений. В результате было выявлено, что метод VNS является более эффективным.

Solution of stochastic single-stage facility location problem by using variable neighborhood search and simulated annealing method

Ponomarenko A.N.
MAI, Moscow

In recent years, entrepreneurial activity has been developing in our country. One of the most important factors of profitability of a facility is its good location. As a rule, entrepreneurs take into account only their life experience, without paying enough attention to the mathematical analysis of this problem.

To solve the problem of optimal facility location, it is proposed to use a mathematical model in the form of a single-stage stochastic programming problem with quantile criterion. In this model, we minimize costs, thereby increasing profits. When making a decision to open a facility, the costs of opening the facility, the priority of the location for consumers, and potential income are taken into account.

In the model, the random parameter is the income received by the facility due to consumers. The formulated problem was reduced to an equivalent integer programming problem. For this, moment characteristics of the distribution of the loss function were found.

The problem was solved by two methods: the variable neighborhood search (VNS) and the simulated annealing method. Two cases of the studied problem were considered: with dependent and independent random incomes.

To compare the effectiveness of the two methods, the problem was solved with the same parameters, for large and small dimensions. The graphs of the solutions were constructed and analyzed. As a result, it was found that the VNS method is more effective.

Достаточные условия оптимальности гарантирующего решения в задаче быстродействия для линейной дискретной системы на основе полиэдральной аппроксимации

Порцева Е.Ю., Ибрагимов Д.Н.
МАИ, г. Москва

В работе рассматривается линейная дискретная система с ограниченным управлением. Для данной системы решается задача быстродействия: требуется построить управление, переводящее ее из заданного начального состояния в начало координат за минимальное число шагов. Множество управлений предполагается выпуклым компактом.

Классические методы теории оптимального управления для дискретных систем такие, как принцип максимума и метод динамического программирования, являются неэффективными для решения описанного класса задач. Таким образом возникает необходимость разработки новых алгоритмов решения. Одним из таких подходов является метод, базирующейся на свойствах класса множеств 0-управляемости – множеств тех начальных состояний, из которых система может быть переведена в нуль за фиксированное число шагов. Критерий оптимальности в этом случае формулируется следующим образом: управление оптимально тогда и только тогда, когда переводит систему из текущего множества 0-управляемости в множество за число шагов на единицу меньшее.

Известен метод, позволяющий свести исходную задачу быстродействия для случая линейных ограничений на управление к ряду задач линейного программирования. Однако для системы управления произвольного вида аналогичный подход оказывается трудно реализуем в связи с необходимостью решения задачи выпуклого программирования большой размерности. Тем не менее, пожертвовав качеством решения и произведя полиэдральную аппроксимацию множества допустимых значений управления, можно свести исходную задачу быстродействия к разрешенному случаю линейных ограничений.

В работе сформулирован критерий выбора метода полиэдральной аппроксимации, при использовании которого последовательность гарантирующих решений сходится к оптимальному. Доказано, что в случае использования полиэдральной аппроксимации,

сходящейся к исходному множеству в смысле метрики Хаусдорфа, критерий качества управления также сходится к оптимальному значению.

Эффективность разработанного подхода продемонстрирована на примере решения задачи демпфирования. В качестве физической модели шестиэтажного здания используется одномерная цепочка упругосвязанных материальных точек, одна из которых совершает поступательное движение, порождаемое сейсмическим воздействием. Демпфирующие устройства установлены на 2-м, 4-м и 6-м этажах. Продемонстрирована сходимость последовательности гарантирующих решений к оптимальному.

Sufficient conditions for the optimality of the guaranteeing solution in the time-optimal control problem for a linear discrete system based on a polyhedral approximation

Portseva E.Y., Ibragimov D.N.
MAI, Moscow

Linear discrete-time system with limited control is considered in this paper. For this system, the time optimal control problem is solved: it is necessary to build a control that takes it from a given initial state to the origin in the minimum number of steps. The set of controls is assumed to be convex compact.

Classical methods of optimal control theory for discrete systems, such as the maximum principle and the method of dynamic programming, are ineffective for solving the described class of problems. Thus, there is a need to develop new solution algorithms. One of these approaches is a method based on the properties of the class of sets of 0-controllability – sets of initial States, from which the system can be reduced to zero in a fixed number of steps. The optimality criterion in this case is formulated as follows: the control is optimal if and only if it transfers the system from the current set of 0-controllability to the set in the number of steps one less.

A method is known to reduce the initial time optimal control problem for the case of linear control constraints to a number of linear programming problems. However, for a control system of any kind, a similar approach is difficult to implement due to the need to solve the problem of convex programming of large dimension. However, by sacrificing the quality of the solution and producing a polyhedral approximation of the set of admissible control values, it is possible to reduce the performance task to the solved case of linear constraints.

In this paper we formulate a criterion for choosing a method of polyhedral approximation, in which the sequence of guaranteeing solutions converges to the optimal. It is proved that in the case of using a polyhedral approximation converging to the initial set in the meaning of the Hausdorff metric, the control quality criterion also converges to the optimal value.

The efficiency of the developed approach is demonstrated by the example of solving the damping problem. As a physical model of a six-storey building, a one-dimensional chain of elastic-connected material points is used, one of which performs translational motion generated by seismic action. Damping devices are installed on the 2nd, 4th and 6th floors. The convergence of the sequence of guaranteeing solutions to the optimal one is demonstrated.

Возможности обучения студентов МАИ решению задач вычислительной аэро-гидродинамики и тепломассообмена

Пунтус А.А.
МАИ, г. Москва

Актуальность и необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов по решению, анализу и применению результатов задач CFD (Computational Fluid Dynamics) аэро-гидродинамики и тепломассообмена обусловлена разнообразием данных задач и широтой диапазона их приложений. Быстрое развитие электронной техники и вычислительных методов влечет за собой то, что в настоящее время CFD специалисты востребованы не только в традиционных областях науки и техники, (таких как механика, физика, химия, авиация, космонавтика, атомная энергетика, машиностроение, метеорология и т.д.), но и в смежных областях, таких как, например, биология, медицина, спорт, строительство, легкая и пищевая промышленность и так далее. Поэтому в России

наряду с обучением студентов технических вузов базовым предметам, таким, как физика, химия, механика, математика, существует острая необходимость получения образования студентами в области CFD моделирования. Стоит сказать, что в западных странах уже на протяжении более, чем 20 лет основы CFD преподают не только в университетах, но и в колледжах, используя специальные программные средства.

Обучение студентов и аспирантов в области вычислительной гидродинамики и тепломассообмена подразумевает наличие или создание программных CFD продуктов. Разработка полноценных программных CFD продуктов учебного назначения – дорогостоящее дело, поскольку для этого необходима совместная работа высококвалифицированных CFD специалистов: преподавателей ВУЗов и программистов.

В данной работе указывается на необходимость кооперации вуза и специалистов академических институтов в вопросе подготовки высококвалифицированных специалистов в области CFD. На примере многолетнего опыта между факультетом «Прикладная математика и физика» МАИ и Институтом проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН приводятся примеры использования отечественных и зарубежных программных CFD продуктов для обучения.

Education opportunities students of the Moscow Aviation Institute of the solving problems of computational aerohydrodynamics and heat-mass transfer

Puntus A.A.
MAI, Moscow

The relevance and necessity of training highly qualified specialists in solving, analyzing and applying the results of CFD (Computational Fluid Dynamics) problems of Aero-hydrodynamics and heat and mass transfer is due to the variety of these problems and the wide range of their applications. The rapid development of electronic engineering and computational methods entails that CFD specialists are now in demand not only in traditional fields of science and technology (such as mechanics, physics, chemistry, aviation, space, nuclear power, engineering, meteorology, etc.), but also in related fields such as, for example, biology, medicine, sports, construction, light and food industries, and so on. Therefore, in Russia, along with the training of students of technical universities in basic subjects such as physics, chemistry, mechanics, mathematics, there is an urgent need for education of students in the field of CFD modeling. It is worth saying that in Western countries for more than 20 years the basics of CFD are taught not only in universities but also in colleges, using special software.

Training of students and postgraduates in the field of computational fluid dynamics and heat and mass transfer involves the presence or creation of software CFD products. The development of fully fledged CFD software products for educational purposes is expensive, because it requires the joint work of highly qualified CFD specialists: University professors and programmers.

This paper points to the need for cooperation between the University and academic institutions in the training of highly qualified specialists in the field of CFD. On the example of many years of experience between the faculty of "Applied mathematics and physics" the Moscow Aviation Institute and the Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS examples of the using of domestic and foreign CFD products for education are given.

Влияние аэродинамического демпфирования на гармонические колебания профиля крыла при расчетах по нестационарной и квазистационарной теориям дозвукового обтекания

Русских Н.М., Гришанина Т.В.
МАИ, г. Москва

Решению задачи определения нестационарных аэродинамических нагрузок, действующих на колеблющийся тонкий профиль крыла большого удлинения в нестационарном потоке, посвящено достаточно много научных работ. Аэродинамические нагрузки при произвольных движениях профиля выражаются через переходную функцию, интегрально зависящую от специальной функции Теодорсена, входящей в точное решение

задачи для гармонических колебаний профиля. Они могут быть определены только численно и поэтому неудобны для использования при решении задач аэроупругости и аэроавтоупругости.

Рассмотрена плоская задача поступательно-вращательных колебаний в дозвуковом потоке упруго закрепленного профиля крыла большого удлинения. Положение профиля описывается поперечным перемещением и углом поворота. Перепад давлений на нижней и верхней поверхностях при гармонических колебаниях профиля с частотой ω определялась на основании точного решения Кюсснера. Полученное решение обобщено на случай нестационарных колебаний. При достаточно медленных колебаниях, используя квазистационарную теорию, функция Теодорсена приравнивается к единице. Для гармонических колебаниях дифференциальные уравнения поступательно-вращательного движения профиля сводятся к комплексным линейным алгебраическим уравнениям, при решении которых действительная и мнимая части отделяются друг от друга.

Проведены расчеты поступательно-вращательного движения профиля на основе нестационарной и квазистационнарной теорий. На основе полученных результатов оценена точность редуцированной квазистационарной модели.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 18-08-00937-а).

Influence of aerodynamic damping on the harmonic oscillations of the wing airfoil in calculations on non-stationary and quasi-stationary theories of subsonic flow

Russkikh N.M., Grishanina T.V.
MAI, Moscow

The problem of determining unsteady aerodynamic loads acting on an oscillating thin wing airfoil of high elongation in an unsteady flow has been the subject of a lot of scientific work. Aerodynamic loads during arbitrary airfoil movements are expressed through a transition function, which is integrally dependent on the special Theodorsen function, which is part of the exact solution of the problem for harmonic foil oscillations. They can only be determined numerically and are therefore inconvenient for use in solving problems of aeroelasticity and aeroautoelasticity.

The planar problem of translational-rotational oscillations in a subsonic flow of an elastically fixed wing airfoil of high elongation is considered. The position of the airfoil is described by the transverse movement and rotation angle. The pressure drop on the lower and upper surfaces with harmonic oscillations of the airfoil with frequency ω was determined on the basis of the exact Küssner solution. The solution obtained is generalized for the case of unsteady oscillations. With sufficiently slow oscillations, using the quasistationary theory, the Theodorsen function is equal to one. For harmonic oscillations, the differential equations of the translational-rotational motion of the airfoil are reduced to complex linear algebraic equations, by solving which the real and imaginary parts are separated from each other.

Calculations of the translational-rotational motion of the airfoil were carried out on the basis of non-stationary and quasistationary theories. Based on the results obtained, the accuracy of the reduced quasistationary model is estimated.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project code 18-08-00937-a).

Сравнение эффективности двух типов ретрорефлекторов при лазерной локации космических аппаратов

Рыбаков В.А., Денисова И.П., Лебедева М.В., Эйниев Эльчин
МАИ, г. Москва

Из-за действия различных возмущающих факторов элементы орбиты космического аппарата изменяются с течением времени. Для контроля этих изменений обычно проводят лазерную локацию ИСЗ с использованием ретрорефлекторов.

Отраженный от ретрорефлектора лазерный импульс образует на поверхности Земли освещенное пятно, вид которого зависит от применяемого ретрорефлектора. Рассмотрим два типа ретрорефлекторов и сравним их эффективность.

Первый тип – это одиночный уголковый отражатель, а второй – это блок отражателей, изображение отраженного светового импульса от которого на поверхности Земли представляет собой светящееся кольцо. Будем предполагать, что эффективная площадь блока отражателей совпадает с площадью одиночного уголкового отражателя. Из проведенных расчетов следует, что в случае использования первого типа ретрорефлектора центры освещенных пятен, образуемых отраженными импульсами, всегда находятся на значительном расстоянии от лазерной станции (200-1200 м). Так как количество принимаемой энергии светового излучения в импульсе убывает по мере удаления от оси импульса к его периферии, то на приемный телескоп из-за этого попадает малая часть энергии импульса.

При использовании второго типа ретрорефлектора каждый отраженный импульс образует на поверхности Земли светящееся кольцо и, как показали расчеты, лазерная станция, хотя бы на короткое время, попадает в наиболее освещенную область этих пятен. Сравнение суммарного количества световой энергии, полученных от отраженных импульсов в течение одного сеанса лазерной локации (т.е. во время нахождения космического аппарата на 20 градусов выше линии горизонта), показало, что эффективность второго типа ретрорефлекторов почти на порядок выше, чем у первого типа.

Comparison of the efficiency of two types of retroreflectors in the laser ranging of space vehicles

Rybakov V.A., Denisova I.P., Lebedeva M.V., Eyniyev Elchin
MAI, Moscow

Due to the action of various perturbing factors, the spacecraft orbital elements change within the time. To monitor these changes, the satellite laser ranging that use retroreflectors, is usually carried out.

The laser pulse reflected from the retroreflector forms an illuminated spot on the Earth's surface, the shape of which depends on the type of retroreflector used. Consider two types of retroreflectors and compare their efficiency.

The first type is a single corner reflector, and the second is a reflector block [which consists of several arrays of optical corner reflectors – from 2 to 5 reflectors], which image of the reflected light pulse is detected as a luminous ring on the Earth's surface. We will assume that the effective area of the reflector block coincides with the area of a single corner reflector. As it follows from the calculations that in the case of using the first type of retroreflector, the centers of the illuminated spots formed by the reflected pulses are always located at a considerable distance from the laser station (200-1200 m). Since the amount of light energy received in the pulse decreases in proportion to the distance from the axis of the pulse to its periphery, then a small part of the pulse energy falls on the receiving telescope.

When the second type of retroreflector is used, each reflected pulse forms a luminous ring on the Earth's surface and, as calculations have shown, the laser station falls into the most illuminated region of these spots at least for a short time. A comparison of the total amount of light energy received from the reflected pulses during one laser location session (i.e, while the spacecraft was located at an angle of 20 degrees above the horizon line) showed that the efficiency of the second type of retroflectors is almost 10 times higher than of the first type

Линейный анализ орбитальной устойчивости плоских вращений симметричного намагниченного спутника на круговой орбите

Савин А.А.
МАИ, г. Москва

Рассматривается движение спутника относительно центра масс в центральном ньютоновском гравитационном поле. Спутник моделируется динамически симметричным твердым телом, линейные размеры которого малы по сравнению с размерами орбиты центра масс. Последнее предположение позволяет считать, что движение спутника относительно центра масс не влияет на движение самого центра масс [1]. Далее предполагается, что орбита центра масс является круговой.

Наличие магнитного момента на спутнике может быть вызвано множеством причин. В данной работе предполагается, что магнитный момент возникает из-за намагничивания материала оболочки спутника магнитным полем Земли. Для достаточно вытянутых тел возникающий при этом магнитный момент можно считать направленным вдоль оси симметрии спутника. В качестве модели геомагнитного поля Земли используется дипольная модель.

Невозмущенное периодическое движение представляет собой плоские маятниковые движений тела, при которых полярная главная ось инерции лежит в плоскости орбиты спутника. Орбитальная устойчивость плоских маятниковых колебаний спутника была исследована в [2]. Для ненамагниченного спутника, данная задача была рассмотрена в [3,4].

В окрестности невозмущенного периодического движения введены локальные координаты и уравнения возмущенного движения записаны в гамильтоновой форме. На основе линейного анализа найдены области орбитальной неустойчивости и устойчивости в линейном приближении. Построены диаграммы устойчивости в характерных сечениях пространства параметров.

Литература:

1. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. — М.: Наука, 1965. — 416 с.

2. Бардин Б.С., Савин А.А. Исследование орбитальной устойчивости плоских колебаний симметричного намагниченного спутника на круговой орбите// Труды МАИ. 2016. №85.

3. Markeev A.P., Bardin B.S. On stability of planar oscillations and rotations of satellite in a circular orbit. – Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, 2003, Vol. 85, No. 1, pp. 51--66.

4. Бардин Б.С., Чекин А.М. Об орбитальной устойчивости плоских вращений спутника-пластинки на круговой орбите – Вестник Московского авиационного института. 2007. Т. 14. № 2. С. 23-36.

Linear analysis of the orbital stability of plane rotations of a symmetric magnetized satellite in a circular orbit

Savin A.A.
MAI, Moscow

The motion of the satellite relative to the center of mass in the central Newtonian gravitational field is considered. The satellite is modeled by a dynamically symmetric solid body, whose linear dimensions are small compared with the size of the center of mass orbit. The latter assumption suggests that satellite motion relative to the center of mass does not affect the movement of the center of mass itself [1]. Further, it is assumed that the orbit of the center of mass is circular.

The presence of a magnetic moment on a satellite can be caused by many reasons. In this paper, it is assumed that the magnetic moment arises due to the magnetization of the satellite shell material by the Earth’s magnetic field. For sufficiently elongated bodies, the magnetic moment arising in this case can be considered directed along the axis of symmetry of the

satellite. The dipole model is used as a model of the Earth's geomagnetic field. Unperturbed periodic motion is a planar pendulum motion of the body, in which the polar main axis of inertia lies in the plane of the satellite orbit. The orbital stability of the planar pendulum oscillations of a satellite was studied in [2]. For a nonmagnetized satellite, this problem was considered in [3,4].

In the neighborhood of the unperturbed periodic motion, local coordinates are introduced and the equations of perturbed motion are written in Hamiltonian form. Based on the linear analysis, the areas of orbital instability and stability are found in the linear approximation. The stability diagrams in characteristic sections of the parameter space are constructed.

References:

1. Beletskiy V.V. Dvizheniye iskusstvennogo sputnika otnositel'no tsentra mass. — M.: Nauka, 1965. — 416 s. (in Russian)

2. Bardin B.S., Savin A.A. Issledovaniye orbital'noy ustoychivosti ploskikh kolebaniy simmetrichnogo namagnichennogo sputnika na krugovoy orbite// Trudy MAI. 2016. №85.(in Russian)

3. Markeev A.P., Bardin B.S. On stability of planar oscillations and rotations of satellite in a circular orbit. – Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, 2003, Vol. 85, No. 1, pp. 51--66.

4. Bardin B.S., Chekin A.M. Ob orbital'noy ustoychivosti ploskikh vrashcheniy sputnika-plastinki na krugovoy orbite – Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta. 2007. T. 14. № 2. S. 23-36.(in Russian)

Решение экстремальной задачи о состыковке двух шаровых сегментов

Сафронов А.В.

МГСУ, г. Мытищи

Цель исследования заключается в разработке проекта перспективной лёгкой цистерны для хранения жидкостей и сыпучих материалов. Областью применения полученных результатов является авиационная и космическая техника, требующая создания лёгких и прочных конструкций. Ещё одна область применения находится в создании силовых корпусов новых подводных аппаратов. Наконец, перевозка и хранение сыпучих материалов и веществ, таких как цемент, мука, зерно, песок и т.д., тоже требуют иметь лёгкие и прочные ёмкости.

Работа началась с выяснения оптимальных форм открытых ёмкостей. Сейчас традиционной цистерной является цилиндрическая конструкция, потому что она наиболее технологична. Является ли такая конструкция оптимальной по массе, особенно важной для авиации? Для иллюстрации был исследован пример оптимальной по массе цилиндрической ёмкости. Длина самой лёгкой цилиндрической цистерны получилась равной диаметру конструкции. На практике применение такой конструкции ограничено. Если для морского транспорта такое соотношение размеров допустимо, то для авиации не может быть применено, как и для автомобилей, потому что проезжая часть окажется перекрытой. Автомобильные цилиндрические цистерны имеют большое удлинение, поэтому далеки от самых лёгких конструкций. Противоречие между минимальной массой и нерациональными габаритными размерами цилиндрической цистерны можно устранить только переходом к другим формам конструкций, более сложным, менее технологичным, более дорогим в изготовлении, но зато окупающимся в перспективе. Сначала был изучен пример открытой ёмкости в виде сферического сегмета радиуса r высотой h. Получено уравнение для нахождения точки, подозрительной на экстремум, $3r-2h=0$. Из этого уравнения найдена точка локального максимума $h=3r/2$. Полученных предварительных данных достаточно, чтобы исследовать новую конструкцию цистерны. Цистерна должна быть закрытой, поэтому достаточно соединить два сферических сегмента друг с другом по окружностям открытых частей. Получится закрытая ёмкость с удвоенным объёмом и с удвоенной площадью поверхности по сравнению с единичным сферическим сегментом. После аналитического и численного изучения традиционной цилиндрической цистерны и новой конструкции в виде двух состыкованных сферических сегментов был проведён

сравнительный анализ полученных результатов. Относительное удлинение конструкции оказалось более приемлемым для транспорта.

Solving the extreme problem of joining two ball segments

Safronov A.V.
MGSU, Mytischi

The purpose of the study is to develop a project of a promising light tank for the storage of liquids and bulk materials. The field of application of the results is aviation and space technology, which requires the creation of light and durable structures. Another area of application is in the creation of power corps of new underwater vehicles. Finally, the transportation and storage of bulk materials and substances such as cement, flour, grain, sand, etc., also require to have light and strong capacity.

The work began with the definition of the optimal forms of open containers. Now the traditional tank is a cylindrical structure, because it is the most technologically advanced. Is this design optimal in weight, especially important for aviation? For illustration, an example of a cylindrical container optimal in mass was investigated. The length of the lightest cylindrical tank was equal to the diameter of the structure. In practice, the use of this design is limited. If for sea transport such ratio of the sizes is admissible, for aircraft it cannot be applied, as well as for cars because the carriageway will be blocked. Car cylindrical tanks have a large elongation, so far from the lightest designs. The contradiction between the minimum weight and the irrational dimensions of a cylindrical tank can be eliminated only by the transition to other forms of structures, more complex, less technological, more expensive to manufacture, but pay off in the future. First, an example of an open container in the form of a spherical segment of radius r with height h was studied. The equation for finding the point suspicious of the extremum, $3r-2h=0$, is obtained. From this equation the point of the local maximum $h=3r/2$ is found. The preliminary data obtained are sufficient to investigate the new design of the tank. The tank must be closed, so it is sufficient to connect the two spherical segments with each other on the circumferences of the open parts. The result is a closed container with twice the volume and with twice the surface area compared to a single spherical segment. After analytical and numerical study of a traditional cylindrical tank and a new design in the form of two joined spherical segments, a comparative analysis of the results was carried out. The relative elongation of the structure was more acceptable for transport.

Исследование поведения композитного соединения «обшивка-стрингер» в условиях случайного вибрационного воздействия

Севастьянов Ф.С., Костенко В.М., Жарёнов И.А., Дубинский С.В.
ЦАГИ, г. Жуковский

В соответствии с требованиями Норм лётной годности, одной из задач при сертификации самолёта является доказательство усталостной прочности конструкции при акустических нагрузках. Для её решения в последние десятилетия традиционно применяется подход, основанный на использовании большого объёма накопленного опыта эксплуатации, который систематизирован в виде отраслевых справочников и руководств. Однако, для ряда современных образцов авиационной техники, создаваемых с широким применением новых технологий, обоснование прочности по расчёту, основанному на неаутентичных данных, нельзя признать надёжным. Для надёжного обоснования требуется проведение специального анализа, учитывающего особенности поведения материала и конструкции при акустических нагрузках. Настоящая работа посвящена первому этапу создания модели, позволяющей проводить подобный анализ и имитировать воздействие акустического шума от двигателя воздушного судна на силовые элементы из ПКМ.

За критический концентратор напряжений по условиям акустической усталости в работе было принято соединение «обшивка-стрингер» («Т-образец»). Для экспериментальной отработки из опытных панелей толщиной 3,2 мм, изготовленных по

автоклавной технологии из 18 слоёв углеродного препрега, было вырезано несколько Т-образцов.

Для определения собственных частот и форм колебаний, а также полей ускорений и деформаций образца, применялся программный комплекс Abaqus. По расчёту из условия максимальных деформаций и перегрузок были определены зоны установки датчиков.

В расчёте и в эксперименте колебания в Т-образце, закреплённом на вибростоле, возбуждались путём приложения случайного вибрационного воздействия в диапазоне частот 50–1550 Гц с уровнями нагружения 4, 6, 8, 12 g. Перегрузки и деформации в конструкции измерялись соответственно с помощью акселерометров и тензодатчиков, проводился непрерывный мониторинг резонансной частоты и коэффициента демпфирования.

Отклонение расчётных оценок от полученных экспериментальных данных не превышает 15%.

Следующим шагом стало изучение влияния внутренних дефектов ПКМ на поведение Т-образца при вибрационном нагружении. Для этого была предложена модель расслоения, основанная на исключении из конечно-элементного пакета некоторых межслоевых связей, и решён ряд тестовых задач с целью охарактеризовать чувствительность конструкции и её отклика к подобным дефектам. В ближайшее время планируется проведение экспериментов по вибрационному нагружению Т-образцов с начальными дефектами заданного вида.

Study of composite skin-stringer joint behavior under broadband random vibration

Sevastyanov P.S., Kostenko V.M., Zharenov I.A., Dubinsky S.V.
TsAGI, Zhukovsky

According to the Airworthiness Regulations in the frameworks of aircraft certification program it should be demonstrated that sonic fatigue cracks are not probable in any part of the structure subject to sonic excitation. For decades the approach based on the operational experience systemized in industrial databases and guidelines was used to satisfy this requirement. Nevertheless, for the new aircraft models developed and fabricated with wide application of advanced technologies, e.g. MC-21, the certification by analysis based on non-authentic or obsolete data is not acceptable. The reliable approach should be based on project-specific considerations and analytical model which accounts for the particular features of the structure behavior under acoustic loads. The current study is focused on the first stage of the mentioned model development.

The T-stringer specimen was selected as representative element of critical stress concentration. The goal was to develop and verify experimentally the model of T-stringer behavior subjected to broadband random vibration imitating the effect of acoustic noise from airplane engine.

To create 3D-model of the specimen and simulate its behavior under broadband vibration loading conditions, namely, to determine the natural frequencies, vibration modes, as well as acceleration and strain response, the Abaqus software was used. Based on maximum strain and limit load criteria, the sensor installation zones were determined.

In the model and in the experiment, oscillations in the T-stringer fixed on the shaker table were excited by applying a random vibration in the frequency band 50-1550 Hz with loading levels 4, 6, 8, 12 g. Loads and strain in the structure were measured, respectively, using accelerometers and strain gauges, continuous monitoring of the resonant frequency and damping coefficient was carried out.

Comparison of the FE estimation and the experimental data showed high convergence and a maximum deviation less than 15%.

The next step was to study how internal composite material defects affect T-stringer behavior under vibration loading. For this purpose, original delamination model was proposed and study of structure sensitivity to those defects was performed. The number of test problems

was solved. On the next step, it is planned to carry out experiments of vibration loading of T-stringer with initial pre-determined defects.

Статистическое исследование механизмов распространения тепла от точечного источника в листах графена

Семенов С.А., Сластушенский Ю.В., Ревизников Д.Л.
МАИ, г. Москва

Авторами проведена серия вычислительных экспериментов по изучению механизмов распространения тепла, которые могут возникать в различных углеродных наноструктурах. На основе данных молекулярно-динамического моделирования пространственно-временной эволюции атомов углерода листов графена получена статистика распространения тепла от точечного источника по образцу. Образцы приводились к заданным начальным температурам в диапазоне от 12К до 385К. Точность решения задачи повышена через многократное моделирование одного и того же эксперимента (но с различным, случайным, распределением стартового теплового импульса на микроуровне) с последующим осреднением результатов, что уменьшило зашумлённость получаемых профилей температуры.

При низких температурах наблюдались различные виды механизмов распространения тепла для листов графена типа «кресло» и «зигзаг». При высоких температурах показатели совпадают. Так как в вычислительных экспериментах зафиксированы аномальные режимы теплопроводности (отклонение скорости распространения тепла от гауссовского диффузионного закона), то в качестве метода описания теплопереноса на макроуровне во всем диапазоне температур авторами предложено использовать дробно-дифференциальную модель теплопроводности. Для этого были найдены числовые значения показателей порядка дробных производных в зависимости от температуры образца. В работе рассматривается 3 подхода к определению показателя аномальности теплопереноса: метод нахождения диффузионного расстояния, метод определения спада пика теплового импульса, метод выделения значимого диапазона энергии. Эти подходы позволили определить зависимость дисперсии теплового пакета от времени и уточнить результаты взаимным согласованием. В диапазоне высоких температур реализуется нормальный механизм распространения тепла, для которого рассчитаны соответствующие коэффициенты теплопроводности, чьи значения согласуются с известными расчётными и экспериментальными данными.

Statistical study of heat propagation from a point source in graphene sheets

Semenov S.A., Slastushenskiy Y.V., Reviznikov D.L.
MAI, Moscow

The authors carried out a series of computational experiments to study the mechanisms of heat propagation, which can occur in various carbon nanostructures. Based on the data from the molecular dynamics simulation of the space-time evolution of carbon atoms of graphene sheets, the statistics of heat propagation from a point source on the sample was obtained. Samples were reduced to the specified initial temperatures in the range from 12K to 385K. The accuracy of the solution to the problem was increased through the multiple modeling of the same experiment (but with different, random distribution of the starting thermal pulse at the microlevel), followed by averaging the results, which reduces the noisiness of the obtained temperature profiles.

At low temperatures, various types of heat transfer mechanisms are observed for graphene sheets such as "armchair" and "zigzag". At high temperatures, the indices coinside. Since the anomalous modes of thermal conductivity (the deviation of the heat propagation velocity from the Gaussian diffusion law) are recorded in the computational experiments, the authors proposed to use the fractional-differential heat conduction model as a method for describing the heat transfer at the macrolevel over the entire temperature range. For this purpose, numerical values of exponents of the fractional derivatives were found depending on the temperature of the sample. The paper considers three approaches to the determination of the anomalous heat transfer

coefficient: the method of finding the diffusion distance, the method of determining the decline of the peak of the thermal pulse, the method of extracting a significant range of energy. These approaches made it possible to determine the dependence of the dispersion of the heat packet on time and to refine the results by mutual agreement. In the high-temperature range, a normal mechanism of heat propagation is observed, for which the corresponding coefficients of thermal conductivity were calculated, whose values are consistent with known calculated and experimental data.

Алгоритмическое и программное обеспечение метода стаи стрекоз

Становская Я.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время одной из основных проблем большинства научно-технических задач является поиск оптимальных решений в многомерном пространстве при наличии ограничений. Как показывает практика, классические численные методы поиска глобального экстремума малоэффективны из-за сложной структуры поверхностей уровня и вычислительной сложности. В этом случае возникает необходимость в разработке таких методов глобальной оптимизации, которые бы позволяли найти экстремумы функций с желаемой точностью за приемлемое время. Одними из таких методов являются метаэвристические алгоритмы оптимизации, в частности, метод, имитирующий поведение стаи стрекоз. В работе сформировано его алгоритмическое и программное обеспечение, проанализирована его эффективность на модельных примерах.

Метод, имитирующий поведение стаи стрекоз (Dragonfly algorithm), относится к группе методов “роевого” интеллекта. Он имитирует как статическое, так и динамическое поведение семейства стрекоз в природе, реализуя три принципа: разделение (уклонение одного индивидуума от другого внутри окрестности его расположения), выравнивание (в окрестности положения индивидуума скорости стрекоз полагаются одинаковыми), сплоченность (индивидуумы перемещаются к центру масс семейства). Конфигурация стаи стрекоз и направление их полета определяются либо задачей поиска пищи, либо уклонением от хищника. Используя описанные принципы, стая стрекоз осуществляет разведку новых областей и разработку старых. Характерные черты поведения стрекоз используются при решении задачи поиска экстремума функции на множестве допустимых решений.

Алгоритмическое обеспечение реализовано в среде Visual Studio на языке C#. Программа позволяет изучить описанный метод, а также влияние таких параметров как разделение, сплоченность и выравнивание на ход работы алгоритма и итоговый результат. В качестве проверочных функций были выбраны многоэкстремальные стандартные функции двух переменных, для которых ответ уже известен. С помощью программного обеспечения пользователь может выполнять следующие действия: вводить параметры постановки задачи; задавать параметры метода; сохранять результат в памяти компьютера для последующего анализа; проводить серии решений одной и той же задачи с одинаковыми или различными значениями параметров алгоритма; получать статистические данные по проведенной серии решений, наблюдать процесс решения задачи в пошаговом режиме.

Algorithmic and software for the dragonfly algorithm

Stanovskaya Y.V.
MAI, Moscow

At present, one of the main problems of most scientific and technical tasks is the search for optimal solutions in a multidimensional space with constraints. As practice shows, classical numerical methods for finding a global extremum are ineffective because of the complex structure of level surfaces and computational complexity. In this case, it is necessary to develop such methods of global optimization that would allow finding extremums of functions with the desired accuracy in an acceptable time. One of such methods is the meta-heuristic optimization

algorithms, in particular the Dragonfly Algorithm. In this work algorithmic and software of the method is formed, its efficiency is analyzed on model examples.

Dragonfly algorithm belongs to the Swarm Intelligence group of methods. It imitates both static and dynamic swarming behavior of dragonflies in nature, realizing three principles: separation (evasion of one dragonfly from another within the neighborhood of its location), alignment (in area of the position of the individual speed of dragonflies are assumed to be the same), cohesion (dragonflies move to the center of mass). The configuration of a flock of dragonflies and the direction of their flight are determined either by the task of finding food, or by evasion from a predator. Using the described principles, a flock of dragonflies explores new areas and develops old ones. Features of the behavior of dragonflies are used in solving the problem of finding the extremum of a function on the set of admissible solutions.

Algorithmic support is implemented in Visual Studio in C #. The program allows you to study the described method, the effect of such parameters as separation, cohesion and alignment on the final result. Multi-extremal standard functions of two variables were selected as test functions. For these functions, the answer is already known. The software allows the user to enter the parameters for setting the task, to set the method parameters, to store the result in the computer memory for subsequent analysis, to perform a series of solutions of the same problem with the same or different values of the algorithm parameters, to obtain statistical data on the series of solutions performed, to observe the process of solving the problem in a step-by-step mode.

Подсистема обработки результатов вычислительных экспериментов методами интерполяции и кубических сплайнов

Столярчук В.А., Боль А.В., Жигарев С.А.
МАИ, г. Москва

Подсистема является составной частью модуля обработки численных результатов прочностных расчетов в открытой учебной CAE Sigma [1,2], разработанной на каф. 609 МАИ силами студентов и аспирантов. В качестве результатов вычислительного эксперимента при использовании в Sigma выступают значения напряжений и перемещений в точке рассчитываемого объекта, подсчитанные при разной плотности конечных элементов.

Подсистема имеет прикладное и дидактическое назначение и достаточно наглядно демонстрирует обработку результатов вычислительных экспериментов интерполяцией по Лагранжу и кубическими сплайнами. В первом случае строится полином (n-1)-ой степени при n экспериментально полученных значений напряжений и перемещений. Во втором случае на каждом участке между узлами строятся кубические сплайны, а дискретная функция представляется совокупностью кубических сплайнов. Программа рассчитана на обработку сразу 6-ти дискретно заданных функций.

Помимо графического представления и получения формул интерполяции и кубических сплайнов имеется возможность определять значения функций между узловыми точками. При этом допускается выборочное использование экспериментальных точек, в результате чего появляется возможность изменять степень полинома Лагранжа, а также общий вид графиков, представленных как полиномом Лагранжа [3], так и кубическими сплайнами [4]. Кроме того, имеется возможность определить значения функции вне рассматриваемого отрезка (экстраполирование функции). Последнее вызвано необходимостью продемонстрировать ограниченные возможности интерполяции при построении графиков сходимости результатов вычислительных экспериментов по сравнению, например, с методами регрессионного анализа. Однако интерполяция оказывается более предпочтительной для вычисления промежуточных значений дискретно заданной функции в силу большей достоверности получаемых результатов.

Возможно и автономное использование подсистемы без привязки к предметной области.

Литература:

1. Столярчук В.А. Программная система для обучения разработчиков CAE-приложений. // Научн.-технич. вестн. Поволжья. 2012, №6. С.394-397.

2. Столярчук В.А. Программный комплекс как учебный объект разработки. // Программные продукты и системы. 2016, №1. С.140-145.

3. Мацокин А.М., Сорокин С.Б. Численные методы: Курс лекций/ Новосиб.гос. ун-т. Новосибирск, 2006: Ч.1: Численный анализ. 132 с. ISBN 5-94356-406-3

4. Потабенко Н.А. Численные методы (курс Лекций). «Сплайн интерполяция»

The subsystem for processing the results of computational experiments by interpolation and cubic spline methods

Stolyarchuk V.A., Bol A.V., Zhigarev S.A.
MAI, Moscow

The subsystem is an integral part of the module for processing numerical results of strength calculations in an open training CAE Sigma [1,2], developed at MAI Department 609 by students and graduate students. As the results of the computational experiment, when used in Sigma, the values of stresses and displacements at the point of the calculated object are calculated, calculated for different finite element densities.

The subsystem has an applied and didactic purpose and quite clearly demonstrates the processing of the results of computational experiments by Lagrange interpolation and cubic splines. In the first case, a polynomial power is constructed for n experimentally obtained values of stresses and displacements. In the second case, cubic splines are built on each section between nodes, and the discrete function is represented by a set of cubic splines. The program is designed to process 6 discretely specified functions at once.

In addition to graphical representation and obtaining interpolation formulas and cubic splines, it is possible to determine the values of functions between nodal points. In this case, selective use of experimental points is allowed, as a result of which it becomes possible to change the degree of the Lagrange polynomial, as well as the general view of the graphs represented by both the Lagrange polynomial[3] and cubic splines[4]. In addition, it is possible to determine the values of the function outside the considered segment. The latter is caused by the need to demonstrate the limited possibilities of interpolation in constructing graphs of the convergence of the results of computational experiments in comparison with regression analysis methods. Interpolation is more preferable for calculating the intermediate values of a discrete function because of the greater reliability of the results obtained.

References:

1. Stolyarchuk V.A. A software system for training CAE-based application developers. Nauch.-tekhnich.vestn. Povolzhya [Scientific and Technical Volga region Bulletin]. 2012, iss.6, pp 394-397.

2. Stolyarchuk V.A. A software suite as a development training facility. Programmnye produkty i sistemy [Software & Systems]. 2016, no.1, pp. 140-145 (in Russ).

3. A.Matsokin, S.B. Sorokin. Numerical methods: The course of lectures / Novosib.gos. un-t. Novosibirsk, 2006: Part 1: Numerical analysis. 132 p. ISBN 5-94356-406-3

4. Potabenko N.A. Numerical methods (Lecture course). Spline interpolation

Особенности конечно – элементного моделирования

Столярчук В.А., Горявин В.А.
МАИ, г. Москва

Разработка конечно-элементной модели является очень сложным и творческим процессом, который подкреплен знаниями и опытом разработчика. Модели, составленные разными проектантами-расчетчиками, будут обязательно отличаться, а потому не может быть абсолютно одинаковых результатов при расчете. Вариативность конечно-элементных моделей ставит задачу разработки и выбора оптимальной модели с целью получения наиболее достоверного и внушающего доверия результата расчета. Задача осложняется необходимостью удовлетворения разного рода требованиям, позволяющим утверждать,

что данная модель может быть использована при расчетах. Поэтому после создания конечно-элементной модели она обязательно проходит тестирование, что является обязательной составляющей подготовки к расчету методом конечных элементов.

В предлагаемой статье представлен и проанализирован опыт разработки оптимальной конечно-элементной модели для расчета солнечной батареи космического аппарата.

Основным требованием, предъявляемым к модели, является совпадение массово-центровочных характеристик конечно-элементной модели и характеристик, указанных в техническом задании к рассчитываемому объекту. Поэтому уже на этом этапе приходится разрабатывать, проверять и отбирать модели, удовлетворяющие этому требованию. Только после этого можно переходить к тестированию модели. Тестирование включает в себя проведение расчета выборочных динамических характеристик и упрощенный статический анализ.

Для контроля правильности разработки математической модели производят расчёт динамических характеристик при свободных граничных условиях. Если такой расчет демонстрирует, что созданная модель адекватно реагирует на деформацию: в ней отсутствуют незакрепленные элементы (механизмы) и закрепленные узловые точки модели, то переходят к статическому анализу.

Используя статический анализ для тестирования модели, можно понять достоверность разработанной конечно-элементной модели и с этой точки зрения. Здесь необходимо сравнить значение физических величин в контрольных точках, для которых известно аналитическое решение, с решением, полученным на разработанной модели. В случае совпадений результатов решений, созданная модель может быть использована для более детального расчета конструкции с достаточно высокой степенью доверия к получающимся результатам.

Features of finite-element modeling

Stolyarchuk V.A., Goryavin V.A.
MAI, Moscow

The development of the finite-element model is a very complex and creative process, which is supported by the knowledge and experience of the developer. Models made by different projecting engineers will necessarily differ, and for that reason there cannot be exactly the same results in the calculation. The variability of finite-element models sets the task of developing and selecting the optimal model in order to obtain the most reliable and credible calculation results. The task is complicated by the need to meet all sorts of requirements, allowing us to claim that this model can be used in the calculations. Therefore,the finite-element model is created and then it is necessarily tested, which is a mandatory component of the preparation for the calculation by the finite element method.

The article presents and analyzes the experience of developing the optimal finite-element model for calculating the solar battery of a spacecraft.

The main requirement for the model is the coincidence of the mass-centering characteristics of the finite-element model and the characteristics stated in the technical specification of the calculated object. Therefore, at this stage it is necessary to develop, test and select models that meet this requirement. Only after the completion of this process it is possible to proceed with the model testing. Testing includes the calculation of sample dynamic characteristics and simplified static analysis.

Calculation of dynamic characteristics at free boundary conditions should be made for control of correctness of development of mathematical model.If such calculation shows that the created model adequately reacts to the deformation (there are no loose elements/mechanisms and fixed nodal points of the model) the model should be passed for static analysis.

It is possible to understand the validity of the developed finite-element model from this point of view by using static analysis to test the model.It is necessary to compare the value of physical quantities at the control points, for which the analytical solution is known, with the solution obtained on the developed model. In case of coincidence of the results of solutions the created

model can be used for a more detailed calculation of the structure with a sufficiently high degree of confidence in the results.

Программный комплекс для численного и аналитического исследования периодических движений спутника

Сухов Е.А.
МАИ, г. Москва

В современной ракетно-космической отрасли значительное внимание уделяется разработке малогабаритных экономичных космических аппаратов. В связи с этим большую актуальность приобретает изучение движений спутника относительно его центра масс. В прикладных задачах об ориентации спутников особый интерес представляют так называемые периодические движения. Учитывая характер данных движений, можно добиться существенной экономии топлива при маневрировании.

В данной работе представлен программный комплекс, предназначенный для построения и исследования периодических движений спутника относительно его центра масс в центральном гравитационном поле сил. Данный программный комплекс решает следующие задачи:

• Аналитическое построения семейств периодических движений с помощью подхода, основанного на методе нормальных форм.

• Численное продолжение указанных семейств и исследование их орбитальной устойчивости в линейном приближении с помощью метода, описанного в работах [1, 2].

• Исследования бифуркаций периодических движений с помощью метода сечений Пуанкаре.

Рассмотрен частный случай движения динамически симметричного спутника относительно центра масс - гиперболоидальная прецессия. Построены семейства периодических движений, рождающихся из гиперболоидальной прецессии спутника в случае резонансов третьего и четвёртого порядков, а также в нерезонансном случае [2, 3, 4]. Исследован вопрос об их бифуркации и орбитальной устойчивости в линейном приближении.

Исследование выполнено за счет средств гранта РНФ №14-21-00068 в Московском авиационном институте (Национальном исследовательском университете).

Литература:

1. С. Р. Каримов, А. Г. Сокольский. Метод продолжения по параметрам естественных семейств периодических движений гамильтоновых систем // Препринт / ИТА АН СССР. - №9. – 1190. – С. 32.

2. Е. А. Сухов, Б. С. Бардин. Численно-аналитическое построение семейства периодических движений симметричного спутника, рождающихся из его гиперболоидальной прецессии // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2016. –Т. 53.

3. Е. А. Сухов, Б. С. Бардин. Численно-аналитическое построение и исследование устойчивости периодических движений симметричного спутника // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2017. -№11.

4. E. Sukhov. Analytical and Numerical Computation and Study of Long-periodic motions Originating from Hyperboloidal Precession of a Symmetric Satellite // AIP Conference Proceedings. -2018. –Vol. 1959, no. 040021.

Software complex for numerical and analytical computation and study of satellite's periodic motions

Sukhov G.A.
MAI, Moscow

Modern airspace industry is substantially concerned with development of small-scale, economic satellites and spacecraft. Due to this research of satellite’s motions around its center of mass becomes more and more relevant. So-called periodic motions pose specific interest due to their possible applications in problems of satellite orientation. Accounting the characteristics of

these motions may help to achieve considerable fuel economy during mission planning or in-orbit maneuvering.

In this work we present a software complex for numerical and analytical computation and study of satellite's periodic motions around its center of mass in a central Newtonian gravitational field. This software complex is designed to carry out the following tasks:

• Analytically computing families of periodic motions using an approach based on the method of Normal Forms.

• Numerically continuing these families and analyzing their linear orbital stability using a method described in works [1, 2]

• Obtaining Poincare sections and conducting bifurcation analysis.

We consider a particular case of symmetric satellite's motion known as hyperboloidal precession. Periodic motions originating from satellite's hyperboloidal precession are obtained in case of third and fourth order resonances and in a non-resonant case [2, 3, 4]. Bifurcation and linear orbital stability analysis of said motions is carried out.

This research was funded by RSCF grant Nr. 14-21-00068 and carried out in Moscow Aviation Institute (National research university).

References:

1. S. Karimov, A. Sokolskiy. Method of numerical continuation of natural families of periodic motions of Hamiltonian systems // Preprint of Institute of Theoretical Astronomy of the Academy of Sciences of the USSR. - Nr.9. – 1190. – P. 32.

2. E. A. Sukhov, B. S. Bardin. Numerical analysis of periodic motions of a dynamically symmetric satellite originating from its Hyperboloidal precession // Engineering Journal: Science and Innovation. – 2016. -Vol. 53.

3. E. A. Sukhov, B. S. Bardin. Numerical and analytical construction and stability study of periodic motions of a symmetric satellite // Engineering Journal: Science and Innovation. – 2017. –Nr.11.

4. E. Sukhov. Analytical and Numerical Computation and Study of Long-periodic motions Originating from Hyperboloidal Precession of a Symmetric Satellite // AIP Conference Proceedings. -2018. –Vol. 1959, no. 040021.

Электронные пушки для технологии, вакуумной и плазменной электроники и космических аппаратов

Тишин Н.А., Ганичева А.К., Завльялов М.А., Калёнова Н.В.
МАИ, г. Москва

Электронные пучки с термокатодом, формирующие пучки в стационарном и управляемом импульсно-периодическом режимах, широко применяются для вакуумной плавки, литья, сварки, термообработки, нанесения покрытий, испарения материалов, а также для мощной вакуумно-плазменной СВЧ электроники [1, 2]. Эти процессы актуальны для современных наукоёмких технологий в авиационно-космической области. Мощность пушек достигает 0,5 – 1 Мвт при энергии электронов до 100 кэВ.

В докладе на основе работ [3, 4] обсуждаются исследования электронно-оптических систем (ЭОС) и конструктивных решений нескольких вариантов пушек для космических аппаратов. Приведены результаты компьютерного моделирования ЭОС и оптимизации устройств катодных узлов пушек с энергией электронов до 40 кэВ стационарного и управляемого импульсного режимов. Также рассмотрены проблемы, связанные с разработкой, математическим моделированием устройств с интенсивными электронными пучками для различных научных и прикладных целей.

Литература:

1. Завьялов М. А., Крейдель Ю. Е., Новиков А. А., Шантурин Л. П. Плазменные процессы в технологических электронных пушках. М.: Энергоатомиздат. 1989. 256 с.

2. Завьялов М. А., Неганова Л. А., Сыровой В. А. Теория и практика создания электронно-оптических систем для приборов с мощными электронными пучками // Прикладная физика, 1998. Вып. 3-4. С. 65-94.

3. Воробьёв М. Д., Завьялов М. А., Осипова Г. П. Моделирование электронно-оптической системы приборов с интенсивными пучками во внешнем магнитном поле. М.: Изд. МЭИ. 2002. 17с.

4. Евланов Е. Н., Завьялов М. А., Тюрюканов П. М. Электронные пушки для космических аппаратов. // Космические исследования. 2013. Т. 51. № 5. С. 428 – 435.

Electron guns for technology, vacuum-plasma UHF electronics and cosmic apparatus

Tishin N.A., Ganicheva A.K., Zavjalov M.A., Kalenova N.V.
MAI, Moscow

Thermionic cathode electron guns are widely applied for melting, casting, welding, heat treatment, coating, evaporation and for high power vacuum-plasma UHF electronics. These processes are actuality for modern science – capacious technologies in aviation – space fields. The gun power reaches 0,5 – 1 MW, the electron energy being up to 50 – 100 keV [1, 2].

In this paper investigations of electron – optical systems and construction solution for several variants of electron guns intended for work on cosmic apparatus board are presented. Results of computer simulation of electron – optical systems, optimization of thermionic cathode arragements for electron guns with electron energy up to 40 keV (both stationary and impulse modes of operation) are given.

Electron guns may be utilized in cosmic apparatus for different purposes [3].

The problems connected to development and mathematical modelling systems with intense electron beams for powerful devices of various technical and scientific purposes are also discussed [4].

References:

1. Zavjalov M. A., Kreindel Yu. E., Novikov A. A., Shanturin L. P. Plasma processes in technological electron guns. Moscow: Energoatomizdat, 1989, 256 p.

2. Zavjalov M. A., Neganova L. A., Syrovoy V. A. The theory and practice of creation of electron – optical systems for devices with powerful electron beams // Applied Physics, 1998. № 3-4. P. 65 – 94.

3. Evlanov E. N., Zavjalov M. A., Tujrujkanov P. M. Electron guns for cosmic apparatus. Cosmic investigation. 2013. Vol. 51. № 5. P. 428 – 435.

4. Vorobyov M. D., Zavjalov M. A., Osipova G. P. Modelling of electron-optical system for devices with intense beams // Moscow: MPEI Publishing House. 2002. 17 p.

Приближенное вычисление градиента функции вероятности и функции квантили

Торишный Р.О.
МАИ, г. Москва

В теории оптимизации нередко возникают задачи, целевая функция в которых зависит не только от управления, но и от случайных факторов. В таких задачах естественным видится вопрос выбора критерия оптимальности с учетом введенной стохастики. В частности, квантильный критерий видится естественным при решении задач, связанных с обеспечением приемлемого уровня безопасности [1].

В работе общая задача оптимизации целевой функции (функции потерь), зависящей от вектора управлений и некоторой многомерной случайной величины, выражающей стохастическую часть рассматриваемых в задаче процессов. В качестве критерия оптимальности выбран квантильный критерий [2].

В общем случае целевая функция может быть неудобной для вычисления значений квантильного критерия при разных управлениях и с учетом стохастической неопределенности, а также для применения каких-либо алгоритмов оптимизации высоких порядков. Поэтому наиболее простыми и в то же самое время универсальными методами оптимизации видятся методы первого порядка. Использование таких методов подразумевает наличие вычисляемых градиентов функции-критерия.

Основное неудобство при вычислении градиента квантили состоит в индикаторной функции, производной которой является разрывная в нуле и бесконечная на правой

полуоси дельта-функция Дирака. С этим связана основная идея работы – замена индикаторной функции ее непрерывной дифференцируемой аппроксимацией. В качестве аппроксимации индикатора была выбрана сигмоидальная функция.

При замене индикаторной функции на сигмоидальную были получены приближенные дифференциальные уравнения, связывающие дифференциал квантили по управлению и функцию вероятности. Также было получено дифференциальное уравнение, связывающее функцию распределения вероятности и производную квантили по уровню.

В итоге были получены основные приближенные выражения для вычисления градиента квантили, а также градиента функции вероятности. Также были рассмотрены некоторые примеры задач, позволяющих оценить точность аппроксимации методом, описанным в работе, в сравнении с результатами, полученными при симуляции процессов методом Монте-Карло.

Литература:

1. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики: Теория. Том 2. Электронное издание. - М.: МЦНМО, 2016. - 461 с.

2. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами.- М.: Физматлит, 2014 (4-е издание) - 235 с.

Approximate calculation of probability function gradient and quantile function gradient

Torishnyi R.O.
MAI, Moscow

Among optimization theory there are problems in which the target function depends on control vector and random factors. In such problems, the problem of choosing the optimality criterion considering the introduced stochastics seems natural. In particular, the quantile criterion is seen as natural when solving problems related to ensuring an acceptable level of security [1].

In this paper, the general problem of loss function optimization is considered. Loss function depends on the vector of controls and a multidimensional random variable, expressing the stochastic part of considered processes. The quantile criterion is chosen as criterion of optimality [2].

In general, the target function may be inconvenient for calculating the values of the quantile criterion due to different control vectors and stochastic uncertainty, and due to inability to apply high-order optimization algorithms. Therefore, the simple and at the same time universal methods of optimization are the first-order methods. The use of such implies the presence of calculated gradients for the criterion function.

The main disadvantage of the quantile gradient calculation is the indicator function, which derivative is the discontinuous in zero and infinite on the right half-axis Dirac Delta-function. The main idea of this work is to replace the indicator function with its continuous differentiable approximation. The sigmoidal function was chosen as an approximation of the indicator.

As a result of replacing the indicator function with a sigmoidal one, approximate differential equations relating the control quantile differential and the probability function were obtained. A differential equation relating the probability distribution function and the quantile derivative by level was also obtained.

As a general result, the basic approximate expressions for the calculation of the quantile gradient and the gradient of the probability function were obtained. Some examples allowing to estimate the accuracy of approximation by described method in comparison with the results obtained in the simulation by the Monte Carlo method were also considered.

References:

1. Shiryaev A.N. Fundamentals of stochastic financial mathematics: Theory. Volume 2. Electronic edition. - Moscow:MCNMO Publ., 2016. - 461 p.

2. Kibzun A. I., Goryainova E. R., Naumov A. V. Theory of probability and mathematical statistics. Basic course with examples and tasks.- M.: Fizmatlit Publ., 2014 (4th edition) - 235 p.

Определение энергоэффективности перспективных распределённых источников света

Федорова Е.Д.
МГСУ, г. Мытищи

Цель работы заключается в расчёте мощности потока лучистой энергии от различных источников света. Актуальность исследования объясняется постепенным переходом к принципиально новым источникам света, в которых изменён не только спектр, но и распределение энергии по излучателю. В технике происходит замена точечных источников света распределёнными излучателями. В распределённых источниках энергия излучается либо протяжённой линией, либо светящейся поверхностью. Практическая направленность работы доказана внедрением в технику распределённых подсветок поверхностей как в быту, так и в приборостроении, в том числе авиационном. Для оценки энергоэффективности различных источников света необходимо было провести сравнительный анализ типовых устройств. Сначала был исследован традиционный точечный источник света. Расчётная схема была выбрана типовой. Точечный источник света располагался точно над центром квадратной освещаемой поверхности. Математически была получена зависимость мощности лучистого потока через квадратный экран в зависимости от высоты расположения источника. Второй вариант осветительного устройства того же самого квадратного экрана содержал четыре точечных источника с прежней общей силой света, расположенных над углами квадратного экрана. Как и в первом случае изменялось удаление от экрана. Получилась парадоксальная, на первый взгляд, ситуация: четыре угловые источника света в четыре раза слабее освещают экран, чем традиционная центральная лампочка на потолке. Это явление было объяснено математически с позиции фотометрии, оно явилось следствием уменьшения телесного угла экрана по отношению к излучателю. Третий вариант излучателя - линейный распределённый источник света. Линейная лампа по энергоэффективности почти не уступает традиционному точечному источнику света. Дополнительным важным преимуществом линейного источника света является уменьшение теневых и полутеневых областей на освещаемой поверхности. Эффект уменьшения теней и полутеней, обнаруженный в процессе исследования, стал одним из основных предметов изучения. Наконец, была исследована светящаяся поверхность. Энергоэффективность практически не уменьшилась, осталась на уровне самого хорошего точечного источника света с самым большим телесным углом, но полутени практически исчезли. Следовательно, экономить энергию можно методом устранения теней и полутеней.

Determination of energy efficiency of perspective distributed light sources

Fedorova E.D.
MGSU, Mytischi

The purpose of the work is to calculate the power of the radiant energy flux from different light sources. The relevance of the study is explained by the gradual transition to fundamentally new light sources, which changed not only the spectrum, but also the energy distribution of the radiator. In the technique, point light sources are replaced by distributed emitters. In distributed sources, energy is emitted either by an extended line or by a glowing surface. The practical orientation of work proven implementation techniques for distributed lighting of surfaces in the home and in the instrumentation, including aviation. To assess the energy efficiency of different light sources, it was necessary to conduct a comparative analysis of typical devices. First, the traditional point light source was investigated. The design scheme was chosen as a standard one. The point light source was located exactly above the center of the square illuminated surface. Mathematically, the dependence of the power of the radiant flux through the square screen was obtained depending on the height of the source. The second version of the lighting device of the same square screen contained four point sources with the same total light intensity located above the corners of the square screen. As in the first case, the distance from the screen changed. It turned out to be a paradoxical, at first glance, the situation: four corner light sources are four

times weaker than the traditional Central light bulb on the ceiling. This phenomenon was explained mathematically from the position of photometry, it was a consequence of reducing the solid angle of the screen with respect to the radiator. The third option radiator - linear distributed source of light. Linear lamp energy efficiency is almost as good as the traditional point light source. An additional important advantage of the linear light source is the reduction of shadow and penumbra areas on the illuminated surface. The effect of reducing shadows and penumbra, discovered in the process of research, has become one of the main subjects of study. Finally, the luminous surface was investigated. Energy efficiency is almost not reduced, remained at the level of the best point light source with the largest solid angle, but the penumbra almost disappeared. Therefore, you can save energy by eliminating shadows and penumbra.

Численное моделирование задач с контрастными структурами

Цапко Е.Д., Леонов С.С.
МАИ, г. Москва

Некоторые прикладные задачи моделируются уравнениями, содержащими пограничные слои. Кроме них могут возникать и внутренние слои, получившие название контрастных структур в работах А. Б. Васильевой, В. Ф. Бутузова и Н. Н. Нефедова. Пограничные слои и контрастные структуры возникают в задачах гидроаэродинамики, химической кинетики, теории каталитических реакций и дифференциальной геометрии.

Получить аналитическое решение задач с контрастными структурами удаётся только в исключительных случаях. Поэтому основными способами их решения являются численные и асимптотические методы. Применение асимптотических методов также может столкнуться с трудностями, вызванными сложными аналитическими выкладками для достижения необходимой точности. Явные численные методы требуют чрезмерного уменьшения шага интегрирования, что приводит к существенному увеличению времени счёта. Неявные схемы сталкиваются с проблемами решения нелинейных уравнений, главными из которых являются выбор начального приближения и доказательство сходимости итерационной методов.

В работе В. И. Шалашилина и Е. Б. Кузнецова [1] для решения различных классов задач предлагается использовать метод продолжения по наилучшему параметру. В данной работе показано, что его применение к задачам с контрастными структурами обладает рядом вычислительных преимуществ перед традиционными численными методами.

В докладе, помимо тестовых, рассматривается задача, описывающая движение стационарного потока, возникающего при вдувании газа со сверхзвуковой скоростью в канал с постоянной площадью поперечного сечения при наличии противодавления, где газ предполагается совершенным и политропным. Она описывается системой уравнений Навье-Стокса. В статье [2] эта система для больших чисел Рейнольдса сводится к решению краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. В [3] также показано, что она имеет внутренний слой, связанный со сверхзвуковым-дозвуковым переходом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (код проекта 18-19-00474).

Литература:

[1] Шалашилин В. И., Кузнецов Е. Б. Метод продолжения решения по параметру и наилучшая параметризация в прикладной математике и механике. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 224 с.

[2] Crocco L. A Suggestion for the Numerical Solution of the Steady Navier-Stokes Equations // AIAA Journal, 1965, 3:10, Pp. 1824-1832.

[3] Чанг К., Хауэс Ф. Нелинейные сингулярно возмущенные краевые задачи. Теория и приложения: Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 247 с., ил.

Numerical simulating of problems with contrast structures

Tsapko E.D., Leonov S.S.
MAI, Moscow

Some applications are simulated by equations with boundary layers. Besides in the articles of A. B. Vasilieva, V. F. Butuzov, N. N. Nefedov considered the problems with interior layers named as contrast structures. Boundary layers and contrast structures arise in problems of hydroaerodynamics, chemical kinetics and the theory of catalytic reactions.

Analytical solution of such problems is possible to obtain only in exceptional cases. Asymptotic methods can also have difficulties caused by complex analytical calculations to achieve required accuracy. Explicit numerical methods require an excessive reduction of the step size, that leads to a significant increase of the computation time. Implicit schemes are reduced to solving nonlinear equations, that lead to such difficulties as the choice of the initial approximation and the proof of the convergence of the iterative methods.

Using the method of continuation with respect to the best parameter for solving various classes of problems is proposed in V.I. Shalashilin and E.B. Kuznetsov book [1]. Application of the best argument for solving problems with contrast structures and its computational advantages over traditional numerical methods are shown in this paper.

In addition to the test ones, a problem of steady-state flow pattern motion arising from the injection of a gas with at supersonic velocity into a duct of a uniform cross-sectional area when a back pressure applied is considered in the report. The gas is assumed to be perfect and polytropic. The problem is described by Navier-Stokes equations. In the paper [2] this system for large Reynolds numbers is reduced to solving boundary value problem for ordinary differential equations. It was also shown in [3] that it has an inner layer associated with a supersonic-subsonic transition.

The article was prepared on the basis of scientific research carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant (project No. 18-19-00474).

References:

[1] Shalashilin V. I., Kuznetsov E. B. Parametric Continuation and Optimal Parametrization in Applied Mathematics and Mechanics. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London (2003) 228 p.

[2] Crocco L. A Suggestion for the Numerical Solution of the Steady Navier-Stokes Equations // AIAA Journal, 1965, 3:10, Pp. 1824-1832.

[3] Chang K. W., Howes F. A. Nonlinear Singular Perturbation Phenomena: Theory and Application, Springer, New York (1984).

Аналитическое исследование орбитальной устойчивости плоских колебаний спутника-пластинки

Чекина Е.А., Бардин Б.С.
МАИ, г. Москва

Рассматривается движение спутника относительно центра масс на круговой орбите в центральном ньютоновском гравитационном поле сил. Предполагается, что спутник представляет собой твердое тело с геометрией масс пластинки, наименьшая ось инерции которой расположена в плоскости орбиты. В этом случае уравнения движения допускают частное решение - маятниковые колебания спутника, неустойчивые по отношению к угловым возмущениям. Поэтому актуальной является задача об орбитальной устойчивости такого движения. В задаче присутствуют два параметра - инерционный параметр, представляющий собой отношение двух главных моментов инерции спутника и кинетический параметр – начальное значение амплитуды. Ранее задача рассматривалась в [1-4]. В данной работе предполагается, что значения параметров соответствуют границам областей устойчивости в первом приближении, где имеет место комбинационный резонанс второго порядка. Численно задача была решена ранее в [4]. В настоящей работе для малых значений амплитуды колебаний выполнен строгий аналитический анализ. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами работы [4].

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 14-21-00068 в Московском авиационном институте (Национальном исследовательском университете).

Литература:

1. Бардин Б. С., Чекин А. М. Об устойчивости плоских колебаний спутника-пластинки на круговой орбите // Космические исследования, 2008, т. 46, №3, с. 279–288.

2. Бардин Б. С., Чекин А. М. Об устойчивости плоских вращений спутника-пластинки на круговой орбите // Вестн. МАИ, 2007, т. 14, №2, с. 23–36.

3. Бардин Б. С., Чекина Е. А. Об устойчивости плоских колебаний спутника-пластинки в случае резонанса основного типа// Нелинейная динамика, 2017, т. 13, № 4, с. 465-476.

4. Bardin B. S., Chekina E. A. On orbital stability of planar oscillations of a satellite in a circular orbit on the boundary of the parametric resonance, May 2018 AIP Conference Proceedings vol.1959 No.1, p. 040003

On analytical study of the orbital stability of planar oscillations of a satellite-plate

Chekina E.A., Bardin B.S.

MAI, Moscow

We consider a motion of the satellite about its center of mass in a circular orbit in the central Newtonian gravitational field. It is assumed that the satellite is a rigid body with the geometry of the mass that of a plate, the smallest axis of inertia of which is located in the plane of the orbit. In this case, the equations of motion allow a particular solution — the pendulum oscillations of the satellite, which are unstable with respect to angular perturbations. Therefore, the problem of the orbital stability of such a motion is of an interest. There are two parameters in the problem: the first one is an inertial parameter, which is a ratio of two main moments of inertia of the satellite, and the second parameter is a kinetic one, the initial value of the amplitude. Previously, the problem was considered in [1-4]. In this paper, it is assumed that the values of the parameters correspond to the boundaries of the stability regions in the first approximation, where a second-order combination resonance takes place. Numerically problem was solved earlier in [4]. In the present work, a rigorous analytical analysis was performed for small values of the amplitude of oscillations. The obtained results are in good agreement with the results of [4].

The work was carried out under the grant of the Russian Scientific Foundation (project No 14-21-00068) at the Moscow Aviation Institute (National Research University)

References:

1. Bardin B.S., Chekin A.M. On the stability of planar oscillations of a satellite-plate in a circular orbit // Kosm. Issled., 2008, vol. 46, No.3, p. 279-288.

2. Bardin B.S., Chekin A.M. On the stability of planar rotations of a satellite-plate in a circular orbit // Vestn. MAI, 2007, vol. 14, No. 2, p. 23–36.

3. Bardin B. S., Chekina E. A. On the stability of planar oscillations of a satellite-plate in the case of essential type resonance // Nonlinear Dynamics, 2017, vol. 13, No. 4, p. 465-476.

4. Bardin, B. S. and Chekina, E. A. On orbital stability of planar oscillations of a satellite in a circular orbit on the boundary of the parametric resonance, May 2018 AIP Conference Proceedings vol.1959 No.1, p. 040003

Исследование литья аэрокосмического кронштейна из короткоармированного композиционного материала в системе Moldex3D

Чертыковцева В.О., Куркин Е.И., Захваткин Я.В.

Самарский университет, г. Самара

Литье является современным технологическим способом изготовления аэрокосмических конструкций из материалов, армированных короткими высокопрочными волокнами. Отличительной особенностью армированных композитов является ярко выраженная анизотропия их механических свойств, определяемая ориентацией волокон в матрице в одном или нескольких направлениях. Гидродинамический расчет литьевого процесса в системе Moldex3D позволяет на начальных этапах выявить и устранить многие

проблемы, связанные с геометрией, технологией изготовления и свойствами используемых материалов. Целью работы является построение математической модели литья кронштейна.

В качестве исходных данных использована трёхмерная модель кронштейна аэрокосмического назначения. Расчет ориентации армирующих волокон накладывает высокие требования на качество сетки. Расчетная сетка структурирована, создана в ANSYS Workbench и состоит из 4 млн элементов размером 0,5 мм. Атрибуты литья (литник, место входа состава, заполняемая форма) определены в Rhinoceros. В Moldex3D заданы характеристики материала (эпоксидная смола Т-26, армированная угольными волокнами с процентным содержанием 10%) согласно их паспортным данным. Выбор длины литника основан на оценке ориентации волокон в исследуемой модели. Равномерное поступление состава в форму достигается при длине литника превышающей 33 мм. Исследуя распределения волокон и фронты литья для различных вариантов расположения литника получено, что при разделении литника на три канала и расположении литниковой системы в нижней части детали, нагруженные элементы конструкции не содержат линий спая, и волокна в них располагаются преимущественно вдоль направления нагрузки. Моделирование литья кронштейна позволило решить проблему недолива – модернизация геометрии детали обеспечила полное заполнения формы. Для решения вопроса вывода запирающегося воздуха при литье в конструкцию предложено внедрить выпарки. Технологические условия обусловлены возможностями изготовления узла в термокамере. Расчет позволил подобрать режимы процесса – наиболее предпочтительные температуры и скорости литья с учетом ограничений на давления в форме и подводящих каналах. Результаты применены для производства оснастки и построения многоуровневой модели расчета напряженно-деформированного состояния кронштейна с учётом анизотропии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-60093 мол_а_дк.

Casting investigation of an aerospace bracket from composite materials reinforced by short carbon fibers in the Moldex3D

Chertykovtseva V.O., Kurkin E.I., Zakhvatkin Ya.V.
Samara University, Samara

Casting is a modern technological method of manufacturing aerospace structures from materials reinforced by short, high-strength fibers. Feature of reinforced composites is a pronounced anisotropy of their mechanical properties, determined by the fibers orientation in the matrix in one or several directions. The hydrodynamic calculation in the Moldex3D system allows at the initial stages to identify and eliminate many problems related to geometry, manufacturing technology and materials properties. The purpose of the work is to construct a mathematical model for casting a bracket.

The initial data is a 3D-model of the aerospace bracket. Calculating the orientation of reinforcing fibers imposes high demands on the mesh quality. The mesh is structured and created in ANSYS Workbench and consists of 4 million elements with a size of 0.5 mm. The casting attributes (runner, inlet for the mix, cavity part) are defined in Rhinoceros. Moldex3D specifies the material characteristics (epoxy resin T-26, reinforced by carbon fibers with a mass content 10%) according to their passport data. The choice of the runner length is based on the evaluation of the fibers orientation. Uniform flow of a mix into the mold is achieved with a runner length exceeding 33 mm. The fibers orientation and casting fronts for different variants of the runner location are investigated. When the runner is divided into three channels and the runner system is located in the lower part of the bracket, the loaded structural elements do not contain the weld lines, and the fibers in them are located mainly along the load direction. Modeling the casting of the bracket made it possible to solve the problem of a runout: the modernization of the geometry of the part ensured the full filling of the mold. To solve the problem of the withdrawal of air to close during casting, it is proposed to introduce evaporators into the design. Technological

conditions are due to the possibilities of manufacturing a unit in a heat chamber. The calculation made it possible to select the process mode - the most preferable temperatures and casting rates, taking into account the constraints on the pressure in the form and the feed channels. The results are applied to the production of tools and the construction of a multi-level model for calculating the stress-strain state of the bracket, taking anisotropy into account.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-31-60093 mol_a_dk.

Задача формирования теста заданного уровня сложности с минимальным временем выполнения

Черыгова Е.Е., Наумов А.В., Мхитарян Г.А.
МАИ, г. Москва

В работе исследована задача формирования набора заданий ограниченного по времени тестирования с заданной суммарной сложностью и минимальным временем выполнения в системах дистанционного обучения на основе статистических данных о времени ответа пользователей.

Поиск индивидуальных заданий в условиях ограниченных по времени тестов с одинаковым суммарным уровнем сложности предлагается осуществлять при помощи решения задачи квантильной оптимизации. Ограничение по времени тестирования требует исследования времени ответа пользователей на задания. В качестве случайного времени ответа студента на задание используется модель, полученная на основе дискретизации логнормальной модели Ван дер Линдена. Сформулированная одноэтапная задача частично целочисленного стохастического программирования с квантильным критерием с дискретным распределением и билинейной функцией потерь сводится к детерминированной задаче смешанного математического программирования. В качестве критерия используется свертка двух взвешенных нормированных величин, связанных с отклонением сложности формируемого теста от заданного уровня и квантилью времени выполнения теста. Предполагается, что сложности заданий оцениваются экспертом или при помощи соответствующих алгоритмов, основанных на модели Раша. Для решения предлагается декомпозиционный алгоритм, позволяющий существенно сократить размерность задачи.

Был проведен численный эксперимент, подтверждающий эффективность алгоритма. Также было разработано программное обеспечение (ПО), реализующее данный алгоритм и интегрированное в систему дистанционного обучения (СДО) МАИ CLASS.NET. Данная реализация входит в модуль математической поддержки СДО

The problem of forming a test of a given level of complexity with a minimum execution time

Cherygova E.E., Naumov A.V., Mhitaryan G.A.
MAI, Moscow

In this work, the task of forming a set of tasks of time-limited testing with a given total complexity and minimum execution time in distance learning systems based on statistical data on user response time was investigated.

The search of individual tasks in conditions of time-limited tests with the same total complexity level is proposed to carry out with the help of the solution of the problem of quantile optimization. Restriction on time demands researches of time of the answer of users to tasks of testing. As a random time of the student's response to the assignment is used a model obtained on the basis of the discretization of the lognormal model of Van der Linden. The formulated one-step problem of mixed-integer stochastic programming with a quantile criterion with a discrete distribution and bilinear loss function reduces to a deterministic problem of mixed mathematical programming. As a criterion we use the convolution of two weighted normalized quantities associated with the deviation of the complexity of the test from a given level and the quantile of the test execution time. It is assumed that the complexity of tasks is evaluated by an expert or by

using appropriate algorithms based on the Rush's model. We propose a decomposition algorithm to solve this problem that makes it possible to significantly reduce the dimension of the problem.

A numerical experiment was performed to confirm the effectiveness of the algorithm. Also, software was developed that implements this algorithm and it was integrated into the MAI CLASS.NET Distance Learning System. This implementation is included in the mathematics support module of the Distance Learning System.

Расчётно-параметрические исследования по влиянию эксплуатационно-технологических повреждений на остаточную прочность панелей из ПКМ

Шевченко А.В., Дударьков Ю.И., Левченко Е.А., Лимонин М.В.
ЦАГИ, г. Жуковский

Серьезной проблемой на пути эффективного внедрения современных полимерных композиционных материалов (ПКМ) в силовые конструкции планера самолета является их высокая чувствительность к эксплуатационно-технологическим повреждениям, возникающим как в процессе производства, так и эксплуатации воздушного судна. Наличие такого рода повреждений в значительной мере влияет на остаточную прочность элементов конструкции из композита. Вопросы снижения прочностных характеристик композиционных структур при наличии повреждений в основном решаются на экспериментальной основе, тем не менее, расчетные методы также дают возможность проводить аналогичные оценки.

В работе приведены результаты численных исследований по влиянию эксплуатационно-технологических повреждений на характеристики прочности и устойчивости силовых авиационных панелей из композиционных материалов. В качестве повреждений рассматривалось ударное повреждения обшивки, расслоение одного из стрингеров панели, отслоение стрингера от обшивки. Исследовалось влияние размеров указанных повреждений на характеристики прочности и устойчивости панелей. Исследования проводились методом конечных элементов (МКЭ), в том числе с использованием его нелинейной версии, позволяющей выполнять оценки прочности в закритической стадии деформирования конструкции.

Было показано, что для панели с ударным повреждением обшивки существует его критический размер, до которого требования к остаточной прочности могут быть удовлетворены. Превышение этого предела ведет к необратимому процессу разрушения композита и исчерпанию несущей способности панели. Исследования по влиянию размеров расслоения стрингера или его отслоения от обшивки на общую устойчивость и прочность панели позволили оценить максимальную возможную величину снижения ее остаточной прочности при возрастании размеров повреждения. Полученные результаты могут быть полезными на этапе предварительного проектирования конструкций из ПКМ для оценки ее остаточной прочности и формированию критериев разрушения с учетом возможных эксплуатационно-технологических повреждений.

Numerical – parametric analysis of operational and technological damages influence on composite fiber reinforced plastic panel residual strength

Shevchenko A.V., Dudarkov Y.I., Levchenko Y.A., Limonin M.V.
TsAGI, Zhukovsky

The key problem to effective polymer composite materials integration into load-bearing structures is it’s low damage tolerance to operational and technological damages. Composite structures degradation properties due to damages are commonly determined experimentally, nevertheless, numerical approaches can also give similar results.

The paper contains the numerical analysis results of damages influence on aircraft panel strength and buckling properties. Impact damages, stringer detachment, stinger web delamination were considered. This investigation focuses on relation between damage size and strength degradation. Finite element method, including nonlinear analysis, was used for numerical analysis

It was shown that there is a critical impact damage size, up to this size panel residual strength meets the requirements. Exceeding this critical size leads to an irreversible process of destruction and finely to complete panel failure. The impact of stringer detachment and delamination on panel strength consideration made it possible to estimate the minimal panel residual strength in relation to damage size increase. The obtained results can be useful for preliminary composite panel design to estimate it's damage tolerance and to create failure criteria, taking into account possible operational and technological damages.

Расчёт и проектирование устойчивых неопрокидывающихся конструкций

Шентяпина Е.С.
МГСУ, г. Мытищи

Цель работы заключается в правильном сложении строительной конструкции в поле тяжести Земли или других планет из отдельных блоков без дополнительных связующих материалов. С механической точки зрения требуется из отдельных блоков составить перекрытие так, чтобы эти блоки не опрокидывались, то есть чтобы все элементы работали только на сжатие в вертикальном направлении при отсутствии горизонтальных напряжений сдвига. Анализ научной литературы начался с Египетских пирамид и публикаций французского математика Гаспара Монжа о каменном строительстве арок из отдельных блоков строго определённой формы. В сборнике задач по теоретической механике И.В.Мещерского под редакцией Н.В.Бутенина и его команды содержится наиболее простая и близкая к этой научной работе задача, в которой требуется наложить одинаковые плиты одна на другую с максимальным сдвигом так, чтобы полученная система не опрокинулась. Решение задачи было повторено строго математически, а потом было предложено усложнить статическую систему и построить неопрокидывающуюся арку-мост из комбинации двух известных решений.

Новизна работы заключается в предложении устранить силовые связи между состыкованными неопрокидывающимися системами. В работе математически доказано, что такие силовые связи уменьшают надёжность и долговечность конструкции. В частности, если произойдёт разрушение одной полуарки, то её силовая связь с другой полуаркой разрушит всю конструкцию. Отсутствие силовой связи приведёт к разрушению только половины сооружения.

Следующей задачей было увеличение количества полуарочных неопрокидывающихся конструкций с целью получения купольного перекрытия. Для решения этой задачи пришлось отказаться от прямоугольной формы плит, перейти к трапецевидным плитам и круговым сегментам. Метод решения остался прежним: сначала вычислялись координаты центра тяжести верхней плиты, определялся максимально возможный её сдвиг относительно находящейся под ней опорной плиты, потом вычислялись координаты центра тяжести двух плит, определялся их максимально возможный сдвиг относительно следующей опорной плиты, расположенной под ними, и т.д. Трудность задачи определяется громоздкими математическими формулами для плит сложной формы.

Практическая значимость результатов актуальна для проектирования стартовых комплексов.

Calculation and design of stable non-slip structures

Shentyapina E.S.
MGSU, Mytishchi

The purpose of the work is the correct addition of the building structure in the gravity field of the Earth or other planets from separate blocks without additional binding materials. From a mechanical point of view, it is required to make an overlap from separate blocks so that these blocks do not overturn, that is, all elements work only for compression in the vertical direction in the absence of horizontal shear stresses. The analysis of the scientific literature began with The Egyptian pyramids and the publications of the French mathematician Gaspard Monge on the stone construction of arches of separate blocks of a strictly defined form. In the collection of

problems on theoretical mechanics I. V. Meshchersky edited by N. In.Butenina and his team contains the most simple and close to this scientific work task, which requires the same plate to impose one on another with the maximum shift so that the resulting system is not overturned. The solution of the problem was repeated strictly mathematically, and then it was proposed to complicate the static system and build a non-tilting arch-bridge from a combination of two known solutions.

The novelty of the work lies in the proposal to eliminate the power connections between the docked non-tilting systems. It is mathematically proved that such power connections reduce the reliability and durability of the structure. In particular, if there is a failure of one semi arch-its power connection with the other semi-arch will destroy the entire structure. The lack of power communication will lead to the destruction of only half of the building.

The next challenge was to increase the number polaronic neopositivist structures with the aim of obtaining the domed ceiling. To solve this problem had to abandon the rectangular shape of the plates, go to trapezoidal plates and circular segments. The method of solution remained the same: first, the coordinates of the center of gravity of the upper plate were calculated, the maximum possible shift was determined relative to the support plate under it, then the coordinates of the center of gravity of the two plates were calculated, their maximum possible shift relative to the next support plate located under them was determined, etc.the Difficulty of the problem is determined by cumbersome mathematical formulas for plates of complex shape.

The practical significance of the results is relevant for the design of launch complexes.

Использование оптимального планирования эксперимента для сбора данных в системе автоматизированного управления

Щербаков В.С.
МАИ, г. Москва

В данной работе предлагается использовать многофакторное ортогональное планирование эксперимента второго порядка при сборе данных для систем автоматизированного управления. Примером такой задачи является расчет температуры газа (Т*г) перед турбиной авиационного двигателя (ГТД). Контроль этого параметра Т*г позволяет оптимально управлять двигателем в процессе эксплуатации, но его значения не доступны измерению датчиком. Поэтому задачу предлагается решать поэтапно по схеме: данные с различных штатных датчиков, установленных на двигателе, рассматривают как значения множества факторов, позволяющих статистически оценить те параметры процесса, что характеризуют итоговый недоступный параметр Т*г. Регрессионный анализ позволяет получить оценки этих промежуточных параметров. Для выбора оптимальных регрессий и получения качественных оценок предлагаются в качестве критериев оптимизации средняя квадратичная ошибка регрессии и коэффициенты парной корреляции факторов. И тут стоит отметить, что эти критерии недостаточно чувствительны и совсем не специфичны, в то время как полученные значения параметров затем используются для оценки значений важного и недоступного параметра, например, температуры Т*г двигателя.

Целью данной работы является показать, что получение статистических данных для систем автоматического управления на основе оптимального планирования эксперимента первого и второго порядков с критерием ортогональности позволяет не только обоснованно упростить процедуру анализа множества регрессий, но и улучшить качество оценки промежуточных показателей. Для этого проведен численный эксперимент на сложной функции второго порядка с 3 переменными, из которых каждая зависит от двух, трех и четырех переменных (9 исходных факторов). Для численного эксперимента использованы полные ортогональные планы первого и второго порядков. Расчеты и обработка результатов эксперимента выполнены при помощи статистического пакета “SPSS Statistics” и пакета прикладных программ для технических вычислений “Matlab”. Для оценки параметров использованы уравнения регрессии первого и второго порядка. Получены убедительные оценки моделируемых параметров.

Use of optimal experiment planning for data collection in the automated control system

Scherbakov V.S.
MAI, Moscow

In this paper, it is proposed to use multi-factor orthogonal planning of the second order experiment in data collection for automated control systems. An example of such a problem is the calculation of the gas temperature (t*g) before the turbine of an aircraft engine (GTE). The control of this parameter T * g allows optimal control of the engine during operation, but its values are not available for measurement by the sensor. Therefore, the problem is proposed to be solved step by step according to the scheme: data from various standard sensors installed on the engine are considered as values of a set of factors that allow to statistically evaluate those process parameters that characterize the final inaccessible parameter t*G. Regression analysis allows to obtain estimates of these intermediate parameters. To select optimal regressions and obtain qualitative estimates, the mean quadratic error of the regression and the coefficients of pair correlation of factors are proposed as optimization criteria. And here it is worth noting that these criteria are not sensitive enough and are not specific at all, while the obtained parameter values are then used to estimate the values of an important and inaccessible parameter, for example, the temperature of the t*g of the engine.

The aim of this work is to show that obtaining statistical data for automatic control systems on the basis of optimal planning of the first and second order experiment with the criterion of orthogonality allows not only to simplify the procedure of analysis of the set of regressions, but also to improve the quality of evaluation of intermediate indicators. For this purpose, a numerical experiment on a complex function of the second order with 3 variables, each of which depends on two, three and four variables (9 initial factors). Complete orthogonal plans of the first and second orders are used for the numerical experiment. Calculations and processing of the experimental results were performed using the statistical package “SPSS Statistics” and the package of applications for technical calculations “Matlab”. First and second order regression equations were used to estimate the parameters. Convincing estimates of the simulated parameters are obtained.

Исследование динамических характеристик подвесного топливного бака самолета

Яганов В.М.
МАИ, г. Москва

Задача определения собственных (резонансных) частот топливных баков в самолетостроении всегда является актуальной. В качестве модели топливного бака рассматривается осесимметричная конструкция, состоящая из r узлов и соединенных произвольным образом p оболочечных элементов. Узлы – круговые шпангоуты, свободные торцы, либо параллели, где изменяются свойства оболочек. Оболочечные элементы состоят из одного или нескольких изотропных слоев из упругих и вязкоупругих материалов. Граничные условия накладываются на узловые элементы.

Геометрические соотношения выписываются в рамках гипотез Кирхгоф-фа-Лява, а физические, для каждого элемента (слоя) и узла определяются из линейной теории наследственности Больцмана-Вольтерра. Связь между вектором усилий (моментов) и вектором деформаций срединной линии для узлов и оболочечных элементов в направлении окружной координаты получена из обобщенного закона Гука. Из условий неразрывности перемещений устанавливается зависимость между обобщенными перемещениями p-го оболочечного элемента и примыкающего r-го узла. Для получения уравнений движения оболочечной конструкции используется принцип возможных перемещений, в результате которого, все сводится к системе связанных дифференциальных уравнений.

Метод решения поставленной задачи следующий. Все компоненты напряженно-деформированного состояния разлагаются в ряды Фурье по окружной координате. В силу линейности дифференциальных уравнений, формируется матрица жесткости, связывающая обобщенные усилия на торце оболочечного элемента и обобщенные

перемещения примыкающего узла. Для решения этой задачи используется метод ортогональной прогонки Годунова.

Рассматривая все узлы от первого до последнего, строится система линейных однородных алгебраических уравнений относительно обобщенных перемещений узловых элементов. Для нетривиального решения этой системы приравнивается нулю ее определитель, что позволяет вычислить собственные частоты в комплексной форме.

Расчеты показали, что методика обладает хорошей сходимостью. Кроме того, в случае реологической неоднородности конструкции (упругие + вязкоупругие элементы) ее максимальная диссипация энергии становится немонотонно зависящей от своих внутренних параметров (толщина слоя, модуль Юнга и т.д.). Это позволяет оптимизировать виброзащитные свойства топливного бака на стадии его проектирования.

Investigation of the dynamic characteristics of the outboard fuel tank of the aircraft

Yaganov V.M.
MAI, Moscow

The problem of determining the natural (resonant) frequencies of fuel tanks in aircraft is always relevant. An axisymmetric structure consisting of r nodes and arbitrarily connected p shell elements is considered as a model of the fuel tank. Nodes-circular frames, free ends, or Parallels, where the properties of shells change. Shell elements consist of one or more isotropic layers of elastic and viscoelastic materials. Boundary conditions are imposed on the nodal elements.

Geometric relations are written in the framework of the Kirchhoff-FA-love hypotheses, and the physical, for each element (layer) and node are determined from the linear theory of Boltzmann-Volterra heredity. The relationship between the vector of forces (moments) and the deformation vector of the median line for nodes and shell elements in the direction of the circumferential coordinate is obtained from the generalized Hooke's law. The dependence between the generalized displacements of the p-th shell element and the adjacent R-th node is established from the conditions of continuity of displacements. To obtain the equations of motion of the shell structure is used the principle of possible displacements, as a result of which, everything is reduced to a system of coupled differential equations.

The method of solving the problem is as follows. All components of the stress-strain state decompose into Fourier series along the circumferential coordinate. Due to the linearity of the differential equations, a stiffness matrix is formed, which connects the generalized forces at the end of the shell element and the generalized displacements of the adjacent node. To solve this problem, we use the method of orthogonal sweep Godunov.

Considering all nodes from the first to the last, a system of linear homogeneous algebraic equations with respect to generalized displacements of nodal elements is constructed. For a nontrivial solution of this system, its determinant is equal to zero, which allows us to calculate the eigenfrequencies in a complex form.

Calculations have shown that the technique has good convergence. In addition, in the case of rheological inhomogeneity of the structure (elastic + viscoelastic elements), its maximum energy dissipation becomes non-monotonically dependent on its internal parameters (layer thickness, young's modulus, etc.). This allows you to optimize the vibration-proof properties of the fuel tank at the design stage.

Численное решение нелинейной краевой задачи для системы обыкновенных дифференциальных уравнений

Яцкий М.А.
МАИ, г. Москва

В работе рассматриваются способы решения краевой задачи, сложность которой состоит в том, что система обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), как и граничные условия нелинейные. Существует множество методов и их комбинаций, применимых для решения подобных задач.

Одним из способов является одновременное представление и решение задачи как в виде начальной, так и в виде операторного уравнения в заданном пространстве, что порождает существование различных методов решения операторного уравнения, включая методы приближенного решения операторных уравнений.

При задании начального приближения нелинейного операторного уравнения необходимо ввести такой параметр X, который без особых усилий позволял бы найти решение уравнения при X = 0, а при X = 1 получить решение первичного уравнения. Решение можно получить методом его продолжения по параметру X. Однако метод применим лишь при гладкости правой части на всём отрезке в банаховых пространствах, а не только в заданной окрестности. Это служит причиной появления точек разветвления уравнения с параметром. Полученное после введения параметра уравнение может быть решено, например, с помощью метода Ньютона, который был модифицирован Канторовичем на уравнения в банаховых пространствах. Метод продолжения по параметру эффективен в том числе при решении жёстких задач.

При рассмотрении нелинейной краевой задачи осуществляется переход к линейной задачи путём линеаризации. Для изучения таких задач можно воспользоваться методом суперпозиции и методом сопряженного оператора.

Предложен алгоритм численного решения нелинейной краевой задачи для системы ОДУ, применяется метод продолжения по наилучшему параметру [1] и метод ортогональной прогонки С. К. Годунова [2] решения краевой задачи для линейной системы ОДУ.

Работа выполнена при финансовой поддержке российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-19-00474 а.

Литература:

1. Шалашилин В. И., Кузнецов Е. Б. Метод продолжения решения по параметру и наилучшая параметризация в прикладной математике и механике. М: Эдиториал УРСС, 1999, 222 стр.

2. Годунов С. К. О численном решении краевых задач для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений, УМН, 1961, том 16, выпуск 3(99) с. 171-174.

Numerical solution of a nonlinear boundary value problem for a system of ordinary differential equations

Yatskiy M.A.
MAI, Moscow

This paper reviews methods of solving boundary value problems, which complexity lies in the fact that the system of ordinary differential equations (ODE), as well as the boundary conditions are nonlinear. There are many methods and their combinations applicable to solving such problems.

One of the methods is the simultaneous representation of the problem both as the initial problem and as an operator equation in a specified space. This is the scope of various methods of solving an operator equation, including methods of the approximate solution of operator equations.

When setting the initial approximation of a nonlinear operator equation, it is necessary to set such a parameter X, which would allow to find easily a solution to the equation for X = 0 and to obtain a solution to the primary equation for X = 1. The solution can be obtained by continuing the solution by the parameter X. However, the method is applicable only when the right-hand side of equation is smooth over the whole segment in Banach spaces, and not only locally. This causes the occurrence of branching points of the equation with a parameter. The equation obtained after introducing the parameter can be solved, for example, using the Newton method, which was modified by Kantorovich on equations in Banach spaces. The method of continuation by parameter is also effective when solving stiff equations.

When considering a nonlinear boundary value problem, the transition to a linear problem is carried out by linearization. To study such problems, one can use the method of superposition and the method of adjoint operator.

After analyzing the methods described above, an algorithm for the numerical solution of a nonlinear boundary value problem for an ODE system was proposed, based on the method of continuation with respect to the best parameter [1] and the orthogonal sweep method for solving a boundary value problem for a linear ODE system by S.K. Godunov [2].

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project № 18-19-00474 a.

References:

[1] Shalashilin V. I., Kuznetsov, the method of continuation of the parameter and the best parametrization in applied mathematics and mechanics. M: editorial URSS, 1999, 222 p.

[2] Godunov S. K. on numerical solution of boundary value problems for systems of linear ordinary differential equations, UMN, 1961, volume 16, issue 3(99) pp. 171-174.

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

Использование прецизионного технологического оборудования на базе плоских линейных электроприводов в ракетно-космической отрасли

Алексеев В.А., Яковлев С.Ф.
106 ЭОМЗ, г. Москва

Современные тенденции развития предприятий ракетно-космической отрасли предъявляют к прецизионному технологическому оборудованию (ПТО) все более высокие требования по скорости, точности и качеству обработки деталей сложной формы.

Проведенный анализ показывает, что одним из решений этой задачи является применение ПТО на базе плоских линейных электроприводов (ПЛЭ). Такое ПТО активно производится ведущими иностранными фирмами и серьёзно востребовано на рынке. По прогнозам экспертов, к 2025 году не менее 45% ПТО в мире будут оснащаться ПЛЭ.

ПЛЭ – электропривод, у которого один из элементов магнитной системы электродвигателя разомкнут и имеет развёрнутую обмотку, создающую магнитное поле, а другой выполнен в виде направляющей, обеспечивающей линейное перемещение подвижной части привода.

Основные достоинства ПЛЭ:

• Максимально высокие показатели точности, повторяемости и кпд;

• Компактность, легкость и надежность; отсутствие смазки.

Основными зарубежными производителями ПЛЭ являются: Fanuc и Mitsubishi (Япония), Siemens (Германия). Присутствует на рынке и производитель из СНГ - белорусское СП «Рухсервомотор». В России ПЛЭ серийно не производятся.

В период с 2011 г. по 2015 г. в рамках ФЦП «Национальная технологическая база» были разработаны образцы ПЛЭ мощностью 1, 4 и 8 кВт. Стоимость созданных образцов ПЛЭ на 15 – 20% ниже зарубежных аналогов, а по основным технико-эксплуатационным характеристикам превосходят их.

Потребности предприятий отрасли в ПТО на базе ПЛЭ можно оценить как ориентировочные, но достаточно стабильные. Они основываются на аналитических материалах, подготовленных Минпромторгом, Росстатом и ассоциацией «Станкоинструмент».

Вопрос по разработке и серийному производству ПЛЭ в интересах предприятий отрасли может быть решен с учетом имеющегося у АО «106 ЭОМЗ» научно-технического задела, производственного потенциала и завершающегося технического перевооружения, а собственно ПТО - на основе кооперации с заинтересованными предприятиями отрасли.

Для АО «106 ЭОМЗ» освоение в серийном производстве ПЛЭ означает:

• Расширение номенклатуры производимой продукции;

• Освоение новых рынков сбыта.

Предприятия отрасли получат возможность модернизировать свое ПТО до современного уровня с учётом реализации Стратегии развития станкоинструментальной промышленности до 2030 г., иных федеральных целевых и отраслевых программ по импортозамещению.

Use of precision technological equipment on the basis of flat linear electric drives in rocket and space industry

Alekseev V.A., Yakovlev S.F.
JSC “106 EOMP”, Moscow

Modern trends in the development of enterprises of the rocket and space industry impose increasingly high demands on PTE in terms of speed, accuracy and quality of machining of complex shapes.

The analysis shows that one of the solutions to this problem is the use of PTE based on FLED. Such PTE is actively produced by leading foreign companies and is in great demand in the market. According to experts ' forecasts, by 2025 at least 45% of PTE in the world will be equipped with FLED.

FLED is an electric drive, in which one of the elements of the magnetic system of the electric motor is open and has a deployed winding that creates a magnetic field, and the other is made in the form of a guide that provides linear movement of the movable part of the drive.

The main advantages of a FLED:

• Maximum accuracy, repeatability and efficiency;

• Compactness, lightness and reliability; the lack of lubrication.

The main foreign manufacturers of FLED are Fanuc, Siemens. Present on the market and a manufacturer from the CIS-Belarusian JV "ruhservomotor". In Russia FLED are not mass-produced.

In the period from 2011 to 2015, within the framework of the FTP "National technological base", FLED with a capacity of 1, 4 and 8 kW were developed. The cost of the created samples of FLED is 15 – 20% lower than foreign analogues, and but the main technical and operational characteristics exceed them.

The needs of enterprises in the industry in PTE based on FLED can be estimated as indicative, but quite stable. They are based on the analytical materials prepared by the Ministry of industry and trade, Federal state statistics service and the Association "Stankoinstrument".

The issue of development and serial production of FLED in the interests of the industry enterprises can be solved taking into account the scientific and technical reserve of JSC "106 EOMP", the production potential and the final technical re-equipment, and the PTE itself - on the basis of cooperation with the interested enterprises of the industry.

For JSC "106 EOMP" development in serial production of FLED means:

• Expansion of the range of products;

• Development of new markets.

Enterprises of the industry will have the opportunity to upgrade their PTE to the modern level, taking into account the implementation Of the strategy of development of the machine tool industry until 2030, other Federal target and industry programs for import substitution.

Перспективный способ получения авиационных деталей типа сегмент шпангоута

Борунова Т.И., Галкин Е.В., Преображенский Е.В.
МАИ, г. Москва

Авиационная промышленность предъявляет жесткие требования к силовым элементам фюзеляжа летательного аппарата. Одновременно с малым весом необходимо обеспечивать повышенную прочность конструкции. Поэтому зачастую применяемые в авиации детали изготавливают из высокопрочных алюминиевых сплавов. Так, одним из сертифицированных материалов для производства шпангоутов является сплав В95. Однако технология получения из него изделий имеет ряд особенностей. Ввиду высокой прочности материала для процессов обработки металлов давлением требуется существенный нагрев заготовки, но при этом возникает риск пережога - непоправимого брака. Кроме того, для габаритных деталей окончательная термическая обработка может приводить к существенным искажениям готовой геометрии. По этим причинам ведущие зарубежные компании Airbus и Boeing предпочитают вырезать сегменты шпангоутов из плит, уже прошедших закалку. Но данный способ имеет существенные недостатки: низкая

производительность процесса и невысокий коэффициент использования материала. Следовательно, весьма востребованы новые способы изготовления сегментов шпангоута. Одним из перспективных направлений является использование изотермической штамповки. Целесообразность ее применения исследовалась численным моделированием. С помощью метода конечных элементов удалось показать, что при определенном выборе гравюры штампа, исходной формы заготовки, а также строгом контроле технологических параметров процесса, в ходе штамповки обеспечивается качественное течение металла. При деформации температура не выходит за допустимые пределы. Однако наличие относительно тонких ребер в ходе последующей закалки и мехобработки потенциально может приводить к нежелательному изгибу участков сегмента шпангоута. В связи с этим предлагается термообработку проводить в специально разработанном неволящем устройстве. Таким образом, новая технология производства сегментов шпангоута обеспечит получение качественных изделий.

A promising method for producing aircraft parts such as the frame segment

Borunova T.I., Galkin Y.V., Preonrazhensky E.V.
MAI, Moscow

The aviation industry makes strict requirements to the load-bearing elements of the aircraft fuselage. Simultaneously it is necessary to provide increased strength of the structure and low weight. Therefore, aviation parts are often made of high-strength aluminum wrought alloys. For instance, AA7075 is one of the certified materials for the production of aircraft frames. However, the technology of obtaining products from that material has a number of difficulties. One of the particularities of Al7075 is a very narrow temperature range of deformation. At the same time, on the one hand, the forging temperature should be chosen to be the maximum for reducing the required force; on the other hand, the heat generated during plastic deformation can lead to a burn-out - an irreparable material rejection characterized by a significant drop in mechanical properties. In addition, for large-sized parts, the final heat treatment can lead to significant distortions in the finished geometry. For these reasons, Airbus and Boeing prefer to cut out frame segments from aluminum plates that have already been quenched. But this method has significant drawbacks: low process productivity and low material utilization. Hence new methods of fabricating of the frame segments are very much in demand and one of the promising areas is the use of isothermal forging. Feasibility of its application was investigated by computer simulation. For this purpose, several variants of isothermal forging - varied by the form of the billet, its initial position, heat temperature, geometry of the die tool and the number of auxiliary operations - have been investigated by a finite element method. It was seen that during the forging process a qualitative flow of metal is obtained and the temperature does not exceed the permissible limits. However, the presence of relatively thin ribs can potentially lead to undesirable bending of the elements of the frame segment during later heat treatment and machining. Thereby, quenching is to be hold in a specially designed locking device. Thus the new technology of the frame segments production will ensure the receipt of quality parts.

Высокотемпературное самозалечивание дефектов в керамике ZrB2 SiC

[1]Бурлаченко А.Г., [2]Мировой Ю.А., [1]Буякова С.П.
[1]ИФПМ СО РАН, [2]ТПУ, г. Томск

Увеличении надёжности и живучести конструкций и систем, эксплуатируемых в условиях высоких температур и термомеханических нагрузок одна из проблем современного материаловедения.

Создание в высокотемпературных керамических материалах структурно-фазовых предпосылок к самозалечиванию технологических и эксплуатационных дефектов станет существенным прорывом в увеличении надёжности и живучести керамических конструкций, эксплуатируемых в условиях высоких температур и термомеханических нагрузок.

Целью данных исследований явилось изучение самозалечивания поверхностных дефектов в композитах ZrB2- SiC в температурных интервалах от1200 до 1600 °C.

В качестве материала для исследования использовалась керамика состава ZrB2- SiC Объемная доля SiC варьировалась от 0 до 25 об.%. Введение SiC обеспечивает реализацию процесса самозалечивания посредством образования боросиликатного стекла и оксидирования. Керамические материалы подобного рода привлекают большое внимание с точки зрения использования их в качестве высокотемпературной теплозащиты внешних элементов конструкций и силовых установок ракетно- космической техники. Основной особенностью данных композитов является удовлетворительная теплопроводность и высокая термостойкость.

Предварительно на образцы при помощи алмазного инструмента были нанесены дефекты в виде царапин, глубина которых варьировалась от 5 до10 мкм. Отжиг в кислородосодержащей атмосфере осуществлялся при трех температурах 1200,1400 и 1600оС, длительность изотермической выдержки, при каждой из температур составляла от 0 до 15 минут. После термического воздействия образцы подвергались рентгенофазовым исследованиям и структурным исследованиям посредством электронной микроскопии.

В работе показано что при температуре 1200 °C и без изотермической выдержки механизм самозалечивания не активируется и поверхностные дефекты остались открытыми. При температуре 1400 °C без изотермической выдержки образцы с 20 и 25 об. % SiC восстановили поверхность залечив дефекты глубиной до 10 мкм. При температуре 1600 °C без изотермической выдержки залечивание наблюдалось для всех образцов вне зависимости от содержания SiC.

Толщина оксидного слоя при температуре 1600 °C без изотермической выдержки в значительной мере определялась содержанием SiC. В образцах из чистого ZrB2 толщина оксидного слоя превышала 420 мкм., а в образцах ZrB2+5 об.% SiC – не превышала 200 мкм.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ №18-72-0057 от 31.07.2018.

High-temperature self-curing defects in ZrB2- SiC ceramics

[1]Burlachenko A.G., [2]Mirovoy Yu.A., [1]Buyakova S.P.

[1]ISPMS SB RAS, [2]TPU, Tomsk

Improvement of the mechanical properties and survivability of designs and systems under high temperatures and stress is one of the most important tasks in modern materials science.

Creation of structural and phase conditions for self-healing processes will be a breakthrough for enhancing ceramic structures reliability under high temperature and stress.

The aim of the present research was to study the self-healing processes in ZrB2-SiC ceramic composites in the temperature range from 1200 to 1600 °C.

ZrB2-SiC ceramics with SiC content from 0 to 25 vol.% were studied. SiC doping provides the possibility of self-healing via its oxidation and formation of borosilicate glass. Such materials are of great interest for high-temperature heat resistance of various parts of aerospace crafts. The main feature of these composites is their satisfying thermal conductivity and high heat resistance. These parameters provide good thermal stability. The samples were pre-scratched with diamond to form the defects of 5-10 µm depth. Thermal treatment in oxygen-containing atmosphere was performed at temperatures of 1200, 1400 and 1600 °C for 0-15 minutes. After the heat treatment, the samples were studied by means of scanning electron microscopy and X-ray phase analysis.

It was found that at a temperature of 1200 °C without isothermal conditioning the self-healing mechanism was not activated and surface defects remained open. At a temperature of 1400 °C without any conditioning the samples with SiC content of 20 and 25 vol.% healed the defects with depth of up to 10 µm. Finally, at a temperature of 1600 °C without thermal conditioning all the defects were healed with no dependence on SiC content.

Oxide layer thickness at a temperature of 1600 °C without thermal conditioning significantly varied with SiC content. For the samples made of pure ZrB2 it was found at 420 μm, while for ZrB2-SiC samples with 5 vol. % of SiC it did not exceed 200 μm.

This research was supported by Russian Foundation for Basic Research, research project No. 18-72-00057 dated 31.07.2018.

Высокотемпературная ползучесть в сплаве на основе никелида титана

Виноградов Р.Е., Борисов А.А., Слезов С.С.
МАИ, г. Москва

Ползучесть – это способность материала под действием постоянно приложенной нагрузки накапливать деформации в течение времени. Это явление в той или иной мере проявляется у всех материалов, однако свойства ползучести у никелида титана не были широко изучены в научной литературе. В тоже время понимание процессов, происходящих в материале при высокотемпературной ползучести, необходимо для разработки технологии производства изделий из никелида титана.

В настоящей работе исследования проводили на проволоке диаметром 2,25 мм с содержанием Ni-55,7% в пределах состава сплава ТН1 согласно техническим условиям.

Для изучения высокотемпературной ползучести проволочные образцы деформировали на универсальном приборе кручения УПК-1 и нагревали температуры испытаний (450, 500 и 550 °С). После чего прикладывали крутящий момент, вызывающий напряжения сдвига от 50 до 400 МПа, и выдерживали до 2 часов. Испытания завершались при истечении времени выдержки или достижения 20% деформации образца, затем их охлаждали до нормальной температуры, после чего образец разгружали.

Согласно полученным результатам за 2 часа при температуре 450 °С и напряжениях 200 МПа накапливается минимальная по величине деформация в 5%. При напряжениях 300 МПа деформация достигает 20%. При 400 и 500 МПа требуется 70 и 30 минут соответственно для достижения этой степени деформации. Повышение температуры испытаний приводит к снижению времени, необходимого для деформации образцов.

Расчеты средней скорости накопления деформации (V) образцов сплава ТН1 в исходном состоянии показывают, что при напряжении в 200 МПа средняя скорость увеличивается от 7*10-6 с-1 при 450°С до 3*10-4 с-1 при 550°С. Следует также отметить, что чем выше температура испытаний, тем в большей степени скорость накопления деформации зависит от уровня напряжений.

В интервале температур 450°С - 550°С в сплаве ТН1 происходят структурные изменения (выделение или растворение богатых никелем интерметаллидов). На начальном этапе выделяются дисперсные частицы, которые тормозят дислокации, однако затем, с увеличением времени испытаний размер частиц увеличивается, что приводит к снижению эффекта упрочнения. При повышении температуры испытаний до 500 °С, во-первых, увеличивается интенсивность ползучести по границам зерен и, во-вторых, происходит растворение избыточного количества дисперсных частиц во время самих испытаний, что облегчает дислокационные механизмы. Поэтому с течением времени скорость ползучести возрастает.

High-temperature creep in an alloy based on titanium nickelide

Vinogradov R.E., Borisov A.A., Slezov S.S.
MAI, Moscow

Creep is the ability of a material to accumulate deformations over a period of time under the influence of a constantly applied load. This phenomenon manifested in all materials, but the creep properties of nitinol have not been extensively studied in the scientific literature. An understanding of the processes taking place in the material during high-temperature creep is necessary for the development of technology for the production of products made of nitinol.

In the present study, studies were carried out on a wire with a diameter of 2.25 mm with a content of Ni-55.7% within the composition of the TH1 alloy according to the specifications.

To study high-temperature creep, wire samples were deformed on a universal torsion device UPK-1 and the test temperatures (450, 500 and 550°C) were heated. After that, a torque was applied, causing shear stresses from 50 to 400 MPa, and held for up to 2 hours. The tests were completed when the holding time had expired or 20% of the deformation of the sample was reached, then they were cooled to normal temperature, after which the sample was unloaded.

According to the results obtained, a minimum strain of 5% accumulates at a temperature of 450 ° C and 200 MPa for 2 hours. At stresses of 300 MPa, the deformation reaches 20%. At 400 and 500 MPa, 70 and 30 minutes are required, respectively, to achieve this degree of deformation. Increasing the test temperature leads to a reduction in the time required for the deformation of the samples.

Calculations of the average rate of accumulation of deformation (V) of samples of the TH1 in the initial state show that at a stress of 200 MPa the average speed increases from 7*10-6 s-1 at 450°C to 3*10-4 s-1 at 550°C . It should also be noted that the higher the test temperature, the more the strain accumulation rate depends on the stress level.

In the temperature range 450°C - 550°C, structural changes occur in the TH1 (separation or dissolution of nickel-rich intermetallic compounds). At the initial stage, dispersed particles are released that hinder dislocations, but then, with increasing test time, the particle size increases, which leads to a decrease in the hardening effect. When the test temperature is raised to 500°C, firstly, the creep intensity increases along the grain boundaries and, secondly, the excess amount of dispersed particles dissolves during the tests themselves, which facilitates the dislocation mechanisms. Therefore, over time, the creep rate increases.

Влияние термоврдородной обработки на структуру и свойства образцов из титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных 3D-печатью

Герман М.А.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы являлось изучение влияния термоводородной обработки на структуру и свойства образцов, полученных при помощи технологии 3D-печати – селективного лазерного сплавления (SLM). Образцы были изготовлены на 3D принтере Concept Laser M2 Cusing из порошка титанового сплава Ti-6Al-4V.

Были исследованы структура, твердость и плотность образцов в исходном состоянии после 3D-печати. Структура образцов представлена мартенситом α', а их твердость образцов колеблется от 35 до 38 ед. HRC за счет разных условий охлаждения слоев в процессе «выращивания». Плотность составила 4,42 г/см^3.

Наводороживающий отжиг образцов проводили до концентрации 0,6% по массе при температурах 850˚С (β-область), и 750˚С ((α+β)-область). Введение в образцы 0,6%Н при температуре 850˚С приводит к формированию β-структуры с небольшим количеством мартенсита, а наводороживание в (α+β)-области приводит к формированию трёхфазной (α+α2+β), не свойственной данному сплаву в равновесных условиях.

Следующим шагом было проведение вакуумного отжига (ВО). Было выбрано две температуры 820˚С и 625˚С. Часть образцов подвергали ступенчатому отжигу: нагрев вначале до 550˚С, выдержка с последующим нагревом до 820˚С.

Структурные исследования показали, что образцы, наводороженные при температуре 850˚С после ВО, имеют (α+β)-структуру с твердостью 34 ед. HRC. При ступенчатом и низкотемпературном вакуумном отжиге наблюдается измельчение структуры и увеличение твёрдости 39 ед. HRC.

Высокотемпературный и ступенчатый вакуумный отжиг образцов, наводороженных в (α+β)-области (750˚С), приводит к формированию равновесной (α+β)-структуры, а вакуумный отжиг при 625˚С – к трёхфазной (αдег+β+α2). Твердость всех образцов составила 34–35 ед. HRC.

На заключительном этапе были проведены механические испытания. Анализ результатов показывал, что образцы в исходном состоянии имеют прочность около 1130 МПа, что объясняется их мартенситной структурой. ТВО с высокотемпературным и

ступенчатым ВО обеспечивает значения предела прочности 920–940 МПа, которые сопоставимы с прочностью для отожжённого деформированного полуфабриката из сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V) (900–1050 МПа), а ВО при 625˚С – 1100 МПа.

The effect of thermohydrogen processing on structure and properties of samples obtained from ti-6al-4v alloy by 3d-printing technology

German M.A.
MAI, Moscow

The aim of this work was to investigate the effect of thermohydrogen processing on the structure and properties of samples, obtained by 3D-printing technology - selective laser melting (SLM). The samples were manufactured using titanium alloy Ti-6Al-4V and 3D-printer Concept Laser M2 Cusing.

The structure, hardness and density of 3D-samples in the initial state were investigated. The structure of samples is represented by α' martensite. The hardness veries from 35 to 38 HRC due to different cooling conditions of layers while "adding". The density is 4,42 g/cm^3.

The hydrogenation annealing of the samples was carried out to the 0,6% concentration by weight at 850˚C (β-area) and 750˚C ((α+β)-area). Injection of 0,6% H at 850˚C leads to (α+α2+β)-structure formation that is not inherent for this alloy at equilibrium conditions.

Further step was vacuum annealing. Two temperatures were chosen - 820˚C and 625˚C. Some samples were annealed with initial heating at 550˚C with holding and then heating up to 820˚C.

Structural study showed that samples hydrogenated at 850˚C after vacuum annealing have (α+β)-structure and 34 HRC hardness. After stepped and low-temperature vacuum annealing some structure refinement and the increase in hardness to 39 HRC is observed.

High-temperature and stepped vacuum annealing of samples hydrogenated in (α+β)-area (750˚C) leads to the equilibrium (α+β)-structure formation. Vacuum annealing at 625˚C leads to (αдег+β+α2)-structure formation. Hardness of all samples was about 34-35 HRC.

At the final stage the mechanical tests were carried out. The analysis of results showed that samples in the initial state have ultimate tensile strength about 1130 MPa due to thier martensite structure. Thermohydrogen processing with high-temperature and stepped vacuum annealing provide ultimate tensile strength of 920-940 MPa that is consistent with strength of annealed strain semi-finished product made of Ti-6Al-4V alloy (900-1050 MPa), and vacuum annealing at 625˚С – 1100 MPa.

Оценка относительной повреждаемости различных уровней нагружения программы усталостных испытаний композитного крыла самолета транспортной категории

Городник О.И., Сорокин Ю.Д., Стрижиус В.Е.
МАИ, г. Москва

Известно, что современные программы натурных усталостных испытаний крыльев самолетов транспортной категории имеют достаточно сложную структуру: 5-10 типов полетов, 5-10 уровней нагружения на каждом этапе полета, большое количество и случайное чередование циклов нагружения. Для оптимизации структур подобных программ особую актуальность имеет оценка относительной повреждаемости различных уровней нагружения рассматриваемых программ.

В настоящем докладе рассмотрен один из типов сложного нагружения: повторяющийся блок нагрузок, представляющий собой многоступенчатое циклическое нагружение с различными амплитудами напряжений на каждом этапе нагружения. Блок представляет собой воздушный этап известной стандартизованной квазислучайной программы «TWIST» (Transport WIng Standard Test) - программы, имитирующей полетное нагружение элементов продольного набора конструкции композитного крыла самолета транспортной категории.

Такой блок использован, в частности, при испытаниях на усталость при квазислучайном нагружении образцов со свободным отверстием из углепластика AS4/3501-6 при нагружени и программой «TWIST». Именно по результатам обработки этих испытаний сделаны оценки относительной повреждаемости различных уровней нагружения рассматриваемого блока. На основе анализа этих оценок сделаны рекомендации по оптимизации структуры для достижения необходимой повреждаемости программы “TWIST” при испытаниях композитного крыла самолета транспортной категории.

Relative damageability evaluation of different load levels of composite wing fatigue test program for a transport category aircraft

Gorodnik O.I., Sorokin Y.D., Stizhius V.Y.
MAI, Moscow

It is known that modern programs of full-scale fatigue testing of the wings of transport category aircraft have a rather complex structure: 5-10 types of flights, 5-10 loading levels at each stage of the flight, a large number and random alternation of loading cycles. To optimize the structures of such programs, the evaluation of the relative damageability of various loading levels of the programs under consideration is of particular relevance.

In this report, one of the types of complex loading is considered: a repeating block of loads, which is a multi-stage cyclic loading with different stress amplitudes at each loading stage. The block is an air stage of the well-known standardized quasi-random program "Transport WIng Standard Test" - a program simulating the flight loading of elements of a longitudinal assembly of a composite wing structure of a transport category aircraft.

Such a block was used, in particular, in fatigue testing of samples with a free hole made of carbon-fiber AS4/3501-6 loaded by the "TWIST" program. The relative damageability evaluation of the various loading levels of the block under consideration is made on the basis of the results of processing these tests. Based on the analysis of these estimates, recommendations were made for optimizing the structure (the number of levels and loading cycles) to achieve the necessary damage to the "TWIST" program when testing the composite wing of a transport category aircraft.

Влияние гадолиния на структуру и свойства сварных соединений, полученных аргонно-дуговой сваркой нерасходуемым электродом

Грушин И.А., Савостин Д.С., Кабанова Ю.А.
МАИ, г. Москва

Аргонно-дуговая сварка нерасходуемым электродом является одним из распространенных способов получения сложных конструкций из различных сплавов, в частности и из титановых сплавов. В данной работе были проведены исследования сварных соединений опытного титанового сплава Ti-6,5Al-4Zr-2,4Sn-0,95Nb-0,7Mo-0,2Si легированного редкоземельным металлом – гадолинием. Рассмотрены закономерности формирования структуры, фазового состава, а также механических характеристик различных зон сварного соединения.

Показано, что введение РЗМ приводит к тому, что макроструктура сварных швов в сплаве без гадолиния и с 0,2%Gd имеет четко выраженную зеренную структуру, в отличие от сплава с 0,05%Gd, что связано с формированием более мелкой структуры. При этом микроструктура зоны термического влияния, а также основного металла имеют не значительное отличие в морфологии и размере структурных составляющих. Она представлена α-твердым раствором и небольшим количеством β-фазы. Структура сварного шва практически не отличается по размеру исходного □-зерна, однако в сплавах с гадолинием она более однородная и дисперсная. Следует отметить, что введение гадолиния приводит к увеличению твердости сварного соединения во всех рассматриваемых зонах.

На следующем этапе работы были выбраны и опробованы режимы термической обработки, которые способствовали снятию остаточных термических напряжений после сварки, стабилизации структуры и выравниванию твердости по сечению сварного шва. Показано, что наиболее благоприятно сочетание выбранных параметров обеспечивает двухступенчатая термическая обработка, которая помимо прочего способствует повышению предела прочности сварного соединения на 20%.

Следует отметить, что введение гадолиния в совокупности с последующей термической обработкой позволяют в широком диапазоне изменять параметры структуры и свойств сварного соединения.

Effect of gadolinium on the structure and properties of welded joints obtained by argon-arc welding with a non-consumable electrode

Grushin I.A., Savostin D.S., Kabanova U.A.
MAI, Moscow

Argon arc welding by a non-consumable electrode is one of the most common ways of obtaining complex structures from various alloys, in particular, from titanium alloys. In this paper, the welded joints of an experimental Ti-6,5Al-4Zr-2,4Sn-0,95Nb-0,7Mo-0,2Si alloy alloyed with rare-earth metal-gadolinium were investigated. The regularities in the formation of the structure, the phase composition, and also the mechanical characteristics of the various zones of the welded joint are considered.

It is shown that the introduction of REM leads to the fact that the macrostructure of welded seams in an alloy without gadolinium and with 0.2% Gd has a clearly expressed grain structure, in contrast to an alloy with 0.05% Gd, which is associated with the formation of a smaller structure. In this case, the microstructure of the zone of thermal influence, as well as of the base metal, does not differ significantly in the morphology and size of the structural components. It is represented by an α-solid solution and a small amount of β-phase. The structure of the welded joint does not practically differ in size of the initial □-grain, but in alloys with gadolinium it is more homogeneous and dispersed. It should be noted that the introduction of gadolinium leads to an increase in the hardness of the welded joint in all the considered zones.

At the next stage of the operation, thermal treatment modes were selected and tested, which helped to remove the residual thermal stresses after welding, stabilize the structure and equalize the hardness along the welded section. It is shown that the two-stage heat treatment provides the most favorable combination of the chosen parameters, which, among other things, contributes to an increase in the strength of the welded joint by 20%.

It should be noted that the introduction of gadolinium in combination with subsequent heat treatment allows a wide range of changes in the parameters of the structure and properties of the welded joint.

Слоистые углепластики с системой самозалечивания и диагностики повреждений для конструкций летательных аппаратов

Данилов Е.А., Гареев А.Р., Горб П.В., Самойлов В.М.
НИИграфит, г. Москва

В настоящее время значительный интерес вызывают интеллектуальные полимерные композиты с интегрированными непосредственно при формовании материала агентами и устройствами, придающими ему специальные функциональные свойства. Самозалечивание за счет внедрения в состав слоистых углепластиков жертвенных слоев стеклянных или полимерных полых волокон, заполненных полимеризующимся за счет воздействия ультрафиолета, влаги воздуха или взаимного смешивания различных компонентов, прекурсоров залечивающих агентов является эффективным способом частичного восстановления прочности конструкций, подвергающихся ударному воздействию.

В настоящей работе в качестве исходного материала для реализации систем самозалечивания использовался слоистый углепластик с квазиизотропной схемой

армирования. В поверхностные слои углепластика при выкладке встраивали 2 слоя ткани саржевого плетения на основе стеклянных капилляров. Капилляры заполняли двухкомпонентными залечивающими системами на основе эпоксидных смол или акрилатов (пропитка проводилась бисфенолом А и отвердителем на основе полиэтанолполиамина или смесью этиленгликольдиметакрилата и метилметакрилата и органической перекисью типа бутанокс по основе и утку соответственно).

Оценку эффективности самозалечивания проводили по методу испытания на сжатие после удара (ASTM D7137). Образцы закрепляли в захватах на всю меньшую поверхность, по центру ударом с заданной энергией копра наносили систему трещин и затем испытывали на прочность при сжатии. Энергию удара подбирали так, чтобы размер трещин не превосходил 1 мм. Деформацию материала отслеживали при помощи системы интегрированных в состав материала системы оптических волокон, описанной в предыдущих работах.

Установлено, что при нанесении подобных систем трещин падение прочности исходного образца составляло более 60%. Применение системы самозалечивания на основе эпоксидной смолы позволило восстановить прочность материала через 60 минут при комнатной температуре на 37 % от разницы между исходной прочностью и прочностью после испытаний, системы на основе акрилатов – на 58-60%.

Видна высокая эффективность восстановления прочности системы на основе акрилатов, даже при нанесении крупных (раскрытием 1 мм) трещин, что позволяет рекомендовать внедрение соответствующим образом наполненных полых стеклянных волокон в приповерхностные слои углепластиковых конструкций, испытывающих растрескивающие нагрузки.

Carbon fiber reinforced laminates incorporating self-healing and damage diagnostic systems for aircraft structures

Danilov E.A., Gareyev A.R., Gorb P.V., Samoilov V.M.

NIIgrafit, Moscow

Intellectual polymer-based composite materials with integrated components and devices giving materials special functionalities are a pronounced current trend in materials science. Self-healing via integration of sacrificial layers of healing agent-filled hollow glass or polymeric fibers into carbon fiber-based plastics is an efficient way of strength restoration in structures subject to impact loading. Healing agents may polymerize under UV-irradiation, air moisture or mixing of different agents.

In the current study, we used quasi-isotropically reinforced carbon fiber-based laminate with integrated aluminum honeycomb structure as a base for self-healing system testing. Two surface layers of the laminate comprised of twill-type hollow glass fiber layers. Glass capillaries were filled with bicomponent healing systems, either epoxy- or acrylate-based (so that warp and yarn fibers were filled with either bisphenol A and polyethanolpolyamine-based hardener or ethyleneglycoldimethacrylate-methylmethacrylate mixture and butanox-type organic peroxide respectively).

Self-healing efficiency was evaluated via compression after impact test as per ASTM D7137. Test specimens were fixed and a drop weight body impacted them with fixed energy leaving a system of cracks, after which specimens were tested for compression. The energy was specified as not to leave cracks wider than 1 mm. Local deformation were determined via an integrated system of optical fibers described in the previous studies.

It was established that impact lowered the strength of the material by over 60%. Self-healing however made it possible to restore the strength within 60 min. at room temperature by 37% of the difference between undamaged and cracked material in case of epoxy-based system, and by 58-60% in case of acrylates.

High efficiency of acrylate-based self-healing systems for restoration of even wide (over 1mm) cracks allows recommending of acrylate-filled hollow fibers into surface layers of carbon fiber-based laminates subject to cracking damage.

Реализация компьютеризированной инфраструктуры предприятий Индустрии 4.0 на киберфизическом производстве

[1]Жаринов И.О., [1]Заколдаев Д.А., [2]Гурьянов А.В., [1]Шукалов А.В.
[1]ИТМО, [2]Электроавтоматика, г. Санкт-Петербург

Для организации производственного процесса должна быть выполнена интеграция информационной компьютеризированной инфраструктуры предприятия и его технологического оборудования, задействованного в производственном процессе. Информационная компьютеризированная инфраструктура предприятия состоит из набора технических средств (компьютерная техника) и специализированного программного обеспечения (системы автоматизации проектирования, системы планирования производства и пр.).

Авторским коллективом выполнено исследование и предложена схема интеграции информационной компьютеризированной инфраструктуры предприятий различного типа (цифровая фабрика, умная фабрика, виртуальная фабрика) и их оборудования (киберфизических систем), задействованного в проектном и производственном процессе.

Определены программные системы, необходимые для реализации автоматизированной проектной деятельности цифровой фабрики, специализирующейся на разработке изделий радиоэлектронного приборостроения. Определены программные системы, необходимые для выполнения технологической подготовки производства, включая планирование производства, и необходимые для автоматического изготовления изделий приборостроения на цифровых фабриках. Для организации виртуальной фабрики определены программные системы, обеспечивающие взаимодействие контрагентов, задействованных в жизненном цикле изделия, включая поддержку изделия в эксплуатации, транспортную логистику доставки изделия в точку эксплуатации и пр.

Схема интеграции информационной компьютеризированной инфраструктуры предприятий различного типа и их оборудования, задействованного в проектном и производственном процессе, предполагает внедрение в промышленность технологий Интернета вещей, облачных технологий, технологий BigData обработки больших массивов данных, технологий Machine-to-Machine, Systems-to-Systems и др. Практическая реализация такой схемы обеспечит в будущем возможность изготовления в автоматическом режиме изделий приборостроения, а роль персонала на цифровом производстве будет в основном сводиться к мониторингу технологических процессов и решению технических задач оперативного ситуационного управления.

The informative structure integration of the Industry 4.0 companies and their production cyber and physical equipment

[1]Zharinov I.O., [1]Zakoldaev D.A., [2]Gurjanov A.V., [1]Shukalov A.V.
[1]ITMO, [2]Electroavtomatika, Saint Petersburg

To organize the production process one needs to integrate information computerized infrastructure of the company and its technological equipment engaged in the production process. Information computerized infrastructure of the company consists of several technical measures (computers) and special software (CAD systems, production prognostication systems and others).

A group of authors made a research and proposed a scheme how to integrate different information computerized infrastructure of the company (digital factory, smart factory, virtual factory) with their equipment (cyber and physical systems), engaged in project and production process.

Program systems were found which are necessary to realize automatic project activity of a digital factory specialized in radio and electronics item designing components development. Program systems were found which are necessary to prepare the production technologically including the production prognostication and which are necessary for the automatic manufacturing of the item designing components in digital factories. Program systems were found to organize virtual factories which gives the interaction of counter-agents engaged in item

life cycle including the item support during its exploitation and also transport logistics to deliver the item in the point of its exploitation and other things.

Integration scheme of different information computerized infrastructure of the company and its equipment engaged in the project and production process supposes to apply in the industry the internet of things technology, cloud technologies, BigData technology to process the huge amount of data, Machine-to-Machine technology, Systems-to-Systems and other. The practical application of such a scheme will provide the possibility to manufacture automatically the item designing components in the future and the digital production personnel role will be only to monitor the technological processes and to solve some technical matters of the operative situation control.

Аддитивные 3D-технологии изготовления неразбирающихся конструкций

Жигалова А.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Москва

Цель исследования заключается в разработке технологии для производства неразбирающихся конструкций. Под неразбирающимися конструкциями понимаются сложные технологические сборки из нескольких деталей, которые не могут быть изготовлены традиционными методами без частичных разрезов некоторых элементов. В процессе изготовления пустотелых деталей появилась гипотеза о возможности сборки не только сложных деталей в единую конструкцию, но и единой неразбирающейся системы. Идея новой технологии в самом простом варианте её реализации заключается в изготовлении сразу двух деталей на 3D-принтере как единой заготовки для дальнейшего технологического процесса. Объектом исследования в этой работе являются секции модели высотной башни. Одна деталь меньшего размера расположена внутри другой детали большего размера. Но узкое горлышко большого однополостного гиперболоида слишком маленькое, чтобы провести через него основание сравнительно маленькой внутренней оболочки. Такую сложную комбинацию двух эллиптических однополостных гиперболоидов можно изготовить только совместно аддитивными технологиями на 3D-принтере. Результатом 3D-моделирования и 3D-печати стала сложная неразбирающаяся конструкция из внутренней и внешней оболочек. Эти оболочки не являются силовыми элементами, но вполне могут служить в качестве опалубки для заполнения пространства между ними раствором бетона, эпоксидной смолой, арматурой и наполнителем композиционного материала – любым материалом, принимающим на себя основные нагрузки, действующие на конструкцию. В предлагаемом технологическом процессе аддитивными технологиями изготавливается опалубка любой сложности для дальнейшего заполнения силовой субстанцией.

Форма поверхностей в виде эллиптических или круговых однополостных гиперболоидов позволяет после изготовления опалубки без малейшего труда ввести в свободное пространство между оболочками прямолинейные прутья стальной или композиционной арматуры, а потом залить это пространство наполнителем.

Вывод. Аддитивные технологии позволяют создавать конструкции сложной формы, неразбирающиеся системы, которые не могут быть изготовлены традиционными технологиями. Такие конструкции могут быть как конечным продуктом, так и промежуточными заготовками, например строительными опалубками, для дальнейшего технологического процесса.

Additive 3D manufacturing technology parsed structures

Jigalova A.I.
BMSTU, Moscow

The purpose of the work is to develop a technology for the production of non-collapsible structures. Non-collapsible structures are complex technological assemblies of several parts, which cannot be produced by traditional methods without partial cuts of some elements. In the process of manufacturing hollow parts there was a hypothesis about the possibility of assembling

not only complex parts into a single structure, but also a single non-collapsible system. The idea of the new technology in the simplest version of its implementation is to manufacture two parts on a 3D printer as a single blank for further technological process. The object of study in this work are the sections of the high-rise tower model. One smaller part is located inside another larger part. But the narrow neck of a large single-cavity hyperboloid is too small to pass through the base of a relatively small inner shell. Such a complex combination of two elliptic single-cavity hyperboloids can be produced only together with additive technologies on a 3D printer. The result of 3D modeling and 3D printing is a complex, non-collapsible construction of the inner and outer shells. These shells are not power elements, but can serve as a formwork for filling the space between them with a concrete solution, epoxy resin, reinforcement and filler of the composite material – any material that takes on the main loads acting on the structure. In the proposed technological process, the formwork of any complexity is made by additive technologies for further filling with the power substance.

The shape of the surfaces in the form of elliptic or circular single-cavity hyperboloids allows, after the formwork is made, to introduce straight-line bars of steel or composite reinforcement into the free space between the shells without any difficulty, and then fill this space with a filler.

Conclusion. Additive technologies allow to create structures of complex shape, parsed system that can't be manufactured with traditional technologies. Such designs can be both a final product, and intermediate preparations, for example construction timbers, for the further technological process.

Исследование влияния массовой доли волокон на характеристики состава

Захваткин Я.В., Куркин Е.И., Чертыковцева В.О.
Самарский университет, г. Самара

Короткоармированные композиционные материалы обладают высокими механическими характеристиками. Наиболее предпочтительной технологией изготовления сложных пространственных аэрокосмических конструкций из данных материалов является метод литья под давлением. Основной характеристикой материала, определяющей модели литья изделий, является вязкость. Целью данной работы является оценка влияния массовой доли волокон в матрице на характеристики состава.

Исследована вязкость связующего без наполнителя, а также вязкость смесей с массовой долей волокон 5%, 10% и 15%. В качестве матрицы полимерного композиционного материала выбрано однокомпонентное эпоксидное связующее Т-26, а в качестве наполнителя – нарезанные из ленты углеродной конструкционной угольные волокна. С помощью ротационного вискозиметра Brookfield DV3T проведено измерение вязкости смесей в зависимости от скорости сдвига. При проведении эксперимента использован шпиндель SC-29. Контроль температуры осуществлён с помощью термоячейки Brookfield Thermosel, в которую помещается металлическая колба с составом. Эксперимент проведен для скоростей вращения шпинделя от 0,1 до 240 об/мин, для температур от 30 до 70°С. В общей сложности проведено более 80 исследований зависимости вязкости состава. Построены зависимости вязкости от скорости сдвига для массовой доли волокон: 0%, 5%, 10% и 15%. В случае исследования чистой смолы наблюдается ньютоновский характер течения. Значения вязкости содержащих волокна смесей снижаются с увеличением значений скорости сдвига, что подтверждает характерное для полимерных композиционных материалов псевдопластическое поведение в условиях сдвигового течения. С увеличением процентного содержания волокон увеличивается наклон линии вязкости.

Полученные результаты применены для построения степенных моделей вязкости. Зависимость коэффициента густоты потока от температуры записана по аналогии с моделью Андраде, с тем отличием, что в модели Андраде вязкость жидкости оценивается относительно температуры плавления, а в рассматриваемой модели – относительно стандартной температуры 25°С. Коэффициенты модели вязкости определены через коэффициенты линейной регрессии, получаемой после логарифмирования модели.

Коэффициент детерминации уравнения регрессии подтверждает хорошее качество аппроксимации моделью вязкости экспериментальных данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-60093 мол_а_дк.

Influence research of the mass content of fibers on the mix characteristics

Zakhvatkin Y.V., Kurkin Y.I., Chertykovtseva V.O.
Samara University, Samara

Composite materials reinforced by short fibers have high mechanical characteristics. The most preferred technology for manufacturing complex spatial aerospace designs from these materials is the injection molding method. A viscosity is the main material characteristic, which determines the product molding models. The purpose of this work is impact assessment of the mass content of fibers in the matrix on the mix characteristics.

The paper investigates the viscosity of a binder without filler, as well as viscosity of mixes with the mass content of fibers of 5%, 10% and 15%. The matrix of polymeric composite material is unicomponent epoxy binding T-26, and the filler is the carbon fibers cut from a tape carbon constructional. The viscosity of the mixes was measured as a function of the shear rate by a Brookfield DV3T Viscometer. SC-29 spindle was used at carrying out an experiment. The metal flask with mix is located in Brookfield Thermosel, which provides control of temperature. The experiment was carried out for rotational speeds of the spindle from 0.1 to 240 rpm, for temperatures from 30 to 70°C. In total, more than 80 studies of the viscosity of the composition. The paper investigates more than 80 dependences of the mix viscosity. Dependences of viscosity on shear rate are constructed. In the case of pure resin research, the Newtonian nature of the flow is observed. The viscosity values of fiber-containing mixes decrease with increasing values of the shear rate, which confirms the pseudoplastic behavior characteristic of polymeric composite materials under shear flow conditions. The slope of the viscosity line increases with increasing percentage of fibers.

The received results were applied to construction of viscosity power law model. The dependence of the density coefficient of the flow on temperature is written in analogy with the Andrade model, with the difference that in the Andrade model the viscosity of the fluid is estimated relative to the melting point, and in the our model relative to the standard temperature of 25 °C. The coefficients of the viscosity model are determined through the linear regression coefficients obtained after the logarithm of the model. The coefficient of determination of the regression equation confirms the good quality of the approximation by the viscosity model of the experimental data.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-31-60093 mol_a_dk.

Влияние термоводородной обработки на механические свойства орто-сплава

Иванов А.Е., Орлов А.А.
МАИ, г. Москва

Водород, как временный легирующий элемент, используется на промежуточных стадиях производства. Поэтому обязательной последней операцией любой водородной технологии должен быть вакуумный отжиг с целью снижения содержания водорода в титановых деталях и элементах конструкций до безопасных концентраций, чтобы исключить развитие водородной хрупкости в процессе эксплуатации. К тому же операции наводороживания металла и последующий вакуумный отжиг могут привести к благоприятным изменениям, приводящим к повышению комплекса механических свойств.

В данной работе проводилось исследование влияния различных режимов термической и термоводородной обработок на механические свойства сплава ВТИ-4 при комнатной температуре.

Результаты испытаний показали, что уровень прочности после различных режимов превышает 1100 МПа. Наибольшим значением предела прочности, близким к 1200 МПа,

сплав обладает после ТВО с вакуумным отжигом при температуре 700°С, однако пластические свойства не превышают 3-4%.

Оптимальным сочетанием прочностных и пластических свойств, сплав обладает после ТВО с трехступенчатым вакуумным отжигом – предел прочности на уровне 1120 МПа и относительное удлинение – 6-8%, что связано, по-видимому, с хорошей проработкой структуры в процессе обработки. Данный режим обеспечивает достижение такого же уровня относительного удлинения сплава, как и двухступенчатый отжиг с температурой нагрева на первой ступени 900°С.

Применение простого изотермического отжига при температуре 850°С также приводит к получению высокой прочности сплава, однако относительное удлинение находится на достаточно низком уровне (2-4%). Обработка по такому режиму может быть рекомендована для снятия внутренних напряжений, когда не требуется повышенный уровень пластических свойств.

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение ТВО обеспечивает уровень механических свойств не ниже, чем при применении традиционной термической обработки. Однако легирование сплава ВТИ-4 водородом на технологической стадии позволяет почти в 2 раза уменьшить максимальное усилие сжатия при осадке, то есть облегчает процесс проведения пластической деформации.

Influence of thermal hydrogen treatment on mechanical characteristics of an ortho alloy

Ivanov A.E., Orlov A.A.
MAI, Moscow

Hydrogenium as temporary alloying element, it is used on the intermediate stages of manufacture. Therefore vacuum annealing for the purpose of decrease in content of Hydrogenium in titanic details and elements of designs to safe concentrations to exclude development of hydrogen embrittlement in use has to be obligatory last operation of any hydrogen technology. Besides operations of a navodorozhivaniye of metal and the subsequent vacuum annealing can lead to the favorable changes leading to increase in a complex of mechanical characteristics.

In this work the research of influence of various modes of thermal and thermohydrogen processings on mechanical characteristics of VTI-4 alloy at ambient temperature was conducted.

Test data showed that durability level after various modes exceeds 1100 MPa. The greatest value of ultimate strength, the close to 1200 MPa, alloy possesses after thermal hydrogen treatment with vacuum annealing at a temperature of 700 °C, however plastic properties do not exceed 3-4%.

Optimum combination of strength and plastic properties, alloy possesses after thermal hydrogen treatment with three-stage vacuum annealing – ultimate strength at the level of 1120 MPa and the specific elongation – 6-8% that is bound, apparently, to good study of structure in processing. This mode provides achievement of the same level of the specific elongation of alloy, as well as two-stage annealing with heating temperature on a first stage of 900 °C.

Application of simple isothermal annealing at a temperature of 850 °C also leads to obtaining high durability of alloy, however the specific elongation is on rather low level (2-4%). Processing on such mode can be recommended for removal of internal stresses when the increased level of plastic properties is not required.

Thus, the conducted researches showed that application of thermal hydrogen treatment provides the level of mechanical characteristics not below, than at application of a traditional heat treatment. However the doping of VTI-4 alloy Hydrogenium at a technological stage allows to reduce almost twice the maximal effort of compression at settling, that is facilitates process of carrying out a plastic strain.

Алгоритм оптимизации по массе основных конструктивных элементов головного обтекателя ракеты-носителя

Иордан Ю.В.
ОмГТУ, г. Омск

Современные головные обтекатели (ГО) представляют собой сложные и крупногабаритные конструкции, изготовленные из полимерных композиционных материалов, обладающих высокой прочностью. После выполнения полетной задачи под отделяемый от ракеты-носитель ГО отводится масштабные районы падения.

Для решения этой задачи предлагается разработать конструкцию, которая после выполнения своей миссии легко утилизируется, например, сгорает в атмосфере за счет подвода дополнительной энергии.

В рамках предложенной концепции разработана блок-схема многоэтапного алгоритма оптимизации по массе основных конструктивных элементов для ГО сэндвичевой конструкции при одновременном тепловом и силовом воздействиях с учетом обеспечения его сжигания.

В первом блоке на этапе формирования конструкции ГО проводится анализ возможных энергетических материалов (ЭМ) для замены алюминиевого сотового заполнителя при этом основными критериями для отбора являются теплотворная способность, масса ЭМ и требуемые прочностные характеристики заполнителя.

Граничными условиями для расчетов теплозащитных покрытий ГО является аэродинамический тепловой поток и максимальное значение температуры конструкции ГО на участке траектории выведения РН, а для определения недостающего количества теплоты для воспламенения конструкции - аэродинамический тепловой поток по траектории спуска ГО.

Второй блок предлагаемого алгоритма оптимизации по массе решает задачу выбора оптимального соотношения толщины теплозащиты, конструктивных параметров заполнителя и системы зажигания, толщины наружного и внутреннего несущих слоев при одновременном обеспечении допустимых диапазонов температур наружной и внутренней поверхностей оболочки.

В качестве минимизируемой целевой функции принята масса конструкции, равная сумме масс конструктивных составляющих ГО, но при этом удовлетворяющая условию полной потери массы на участке спуска ГО.

Для дополнительного снижения массы ГО предусмотрено использование третьего блока оптимизации, в котором проводится выбор оптимального заполнителя, удовлетворяющего требованию доведения температуры ГО до начала его горения.

После определения оптимальных параметров конструкции заполнителя полученные данные поступают в проверочные блоки оптимизации, где могут проводиться проверочные расчеты оптимального варианта конструкции ГО.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, Конкурс СП-2018, СП-4711.2018.1.

Optimization algorithm for the mass of the main structural elements of the head fairing of the launch vehicle

Iordan Y.V.
OmSTU, Omsk

Modern head fairings (HF) are complex and large-sized structures made of polymer composite materials with high strength. After fulfilling the flight task, under the HF decoupled from the carrier rocket is assigned to large-scale areas of fall.

To solve this problem, it is proposed to develop a structure that, after completing its mission, is easily utilized, for example, burns in the atmosphere due to the supply of additional energy.

Within the framework of the proposed concept, ehe basic block diagram of a multi-stage algorithm for the mass of the main structural elements for the HF sandwich structure with

simultaneous thermal and power effects, taking into account the provision of its combustion is presented.

In the first block at the stage of design HF the analysis of the possible energetic materials (EM) to replace the aluminum honeycomb core the main criteria for selection are the calorific value, the mass EM and the required strength characteristics of the filler.

Boundary conditions for calculations of thermal-protective coating HF is the aerodynamic heat flux and maximum design temperature HF on the part of the trajectory of a launch booster, and to determine the missing quantity of heat for ignition of the structure - aerodynamic heat flux along the descent trajectory.

The second block of the proposed optimization algorithm solves the problem of choosing the optimal ratio of the thermal protection thickness, design parameters of the filler and the ignition system, the thickness of the outer and inner bearing layers, while ensuring the permissible temperature ranges of the outer and inner surfaces of the shells.

As a minimized objective function taken the weight of the structure is equal to the sum of the masses of the structural components of HF, but it satisfies the condition of total mass loss at the site of the descent of HF.

To further reduce the mass of HF is provided the use of the third block optimization, which is the selection of the optimal filler meeting the requirement of bringing the temperature of the HF prior to its combustion.

After determining the optimal parameters of the filler design, the data obtained are fed into the optimization testing units, where verification calculations of the optimal variant of the HF design can be carried out.

The research was carried out with the support of Council for grants of President of Russian Federation Competition SP-2018, SP-4711.2018.1.

Модернизация основного звена закрылка самолета Ил-112В

Камалин А.В.
МАИ, г. Москва

В статье описана работа по модернизации основного звена закрылка самолета Ил-112В с использованием технологий цифрового проектирования.

В ноябре 2016 года в отделе 218 «Отдел прочности» ПАО «Ил» был выполнен «Расчет основного звена закрылка» на статическую прочность деталей основного звена закрылка (далее ОЗЗ) самолета Ил-112В. Расчетом для конструкции лонжеронов и нервюр основного звена были определены запасы статической прочности $\eta < 1$. В служебной записке от отдела 218 были приведены минимальные запасы статической прочности и рекомендации по усилению ОЗЗ.

Все рекомендации отдела 218 были учтены при выполнении работы по изменению ОЗЗ. В ходе работы по модернизации ОЗЗ совместно с отделом 141 «Отдел технологии и материалов» ПАО «Ил» было принято решение по изменению конструкции сотовых панелей закрылков. Обшивка и дублеры, стыкованные между собой на клеевой пленке ВК-51А по ТР 1.2.474-84 были заменены одной обшивкой с большей толщиной с размерным травлением по ПИ 1.2.097-2008 с обеспечением перехода толщины зон травления 0,3±0,1 мм. Это позволило снизить массу панели и увеличить технологичность изготовления панели. Результатом выполненной работы является выпуск Электронной Конструкторской Документации (ЭКД) на ОЗЗ.

В результате использования цифрового проектирования и изменения конструкции сотовых панелей, масса каждой из панелей была снижена в среднем на 1,5 кг.

В результате работы по изменению конструкции ОЗЗ был достигнут необходимый запас статической прочности. Масса ОЗЗ была снижена на 37 кг. Кроме этого повышена технологичность изготовления сотовых панелей закрылка, снижено время производства панелей, сокращено количество технологических операций, снижена стоимость производства панелей, сокращено количество деталей в сборочной единице.

Modernization of the main link of the flap of the IL-112V aircraft

Kamalin A.V.
MAI, Moscow

The article describes the work on upgrading the main link of the flap of the Il-112V aircraft using digital design techniques.

In November 2016, in department 218 "Strength department" of PJSC "IL", the "Calculation of the main link of the flap" was performed on the static strength of the details of the main flap link (hereinafter referred to as the "ILZ") of the Il-112V aircraft. Calculations for the design of the spars and ribs of the main link determined the stocks of static strength $\eta < 1$. In the service note from Department 218, the minimum stocks of static strength and recommendations for strengthening the GPP were presented.

All the recommendations of department 218 were taken into account when performing the work on changes in the SPZ. In the course of work on modernization of the SPZ together with the department 141 "Technology and Materials Division" of PJSC "IL", a decision was made to change the design of honeycomb panels of flaps. Sheathing and doubles joined to each other on the adhesive film VK-51A on TP 1.2.474-84 were replaced by one sheath with a larger thickness with a size etching according to PI 1.2.097-2008, with the transition of the thickness of the etching zones 0.3 ± 0.1 mm. This allowed to reduce the weight of the panel and increase the manufacturability of the panel. The result of the work is the release of the Electronic Design Documentation (ECD) at the SPZ.

As a result of using digital design and changing the design of honeycomb panels, the weight of each of the panels was reduced by an average of 1.5 kg.

As a result of the work on the modification of the design of the GPP, the necessary stock of static strength has been achieved. The weight of the OZZ was reduced by 37 kg. In addition, the manufacturing technology of flap honeycomb panels has been improved, the production time of panels has been reduced, the number of technological operations has been reduced, the cost of panel production has been reduced, and the number of parts in the assembly unit has been reduced.

Определение механических свойств слоистого алюмостеклопластика при одноосном растяжении

Короленко В.А., Соляев Ю.О.
МАИ, г. Москва

Развитие аэрокосмической техники требует внедрения новых конструкционных материалов, обладающих улучшенным комплексом свойств по сравнению с применяемыми в настоящее время. В связи с этим, представляют интерес гибридные слоистые конструкционные алюмостеклопластики класса СИАЛ (Стеклопластик И АЛюминий). Слоистый СИАЛ состоит из тонких листов алюминиевых конструкционных сплавов и прослоек пластика на основе клеевых препрегов, армированных высокопрочными стекловолокнами. Алюмостеклопластики СИАЛ по сравнению с монолитными алюминиевыми листами обладают следующими преимуществами: высокой трещиностойкостью, пониженной плотностью на 10-15 %, высокой прочностью, а также повышенной пожаростойкостью.

Разработана аналитическая математическая модель для прогнозирования механических и физических характеристик слоистого алюмостеклопластика. Предложенная модель основана на модифицированной модели слоистых композитов, в которой учитывается наличие упругопластических слоев из алюминиевых сплавов и рассматривается влияние остаточных напряжений, возникающих при изготовлении композита. Моделирование испытаний на одноосное растяжение проводится итерационным методом, при котором в материале последовательно увеличиваются макроскопические деформации и вычисляются напряжения, возникающие в слоях композита. Слои, напряжения в которых превышают предел прочности, исключаются из работы.

Исследована структура композита – СИАЛ-3-6Т. Даны прогнозы значений эффективных характеристик (предел прочности, предел текучести и модуль упругости) при температурах -70оС, 20оС, 120оС, а также коэффициента температурного расширения и плотности. Результаты аналитического расчета подтверждены численным моделированием, реализованным с использованием метода конечных элементов в трехмерной постановке на представительном фрагменте композита. Показано, что для более точного моделирования предела прочности материала необходимо привлекать более сложные модели (например, модель пластичности по Мизесу со степенным законом упрочнения). Результаты расчетов сопоставлены с предоставленными экспериментальными данными. Получено хорошее соответствие результатов расчета и экспериментальных данных в пределах 90% точности. При этом показано, что прогноз значений предела текучести необходимо давать с учетом остаточных напряжений, действующих в слоях композитов.

Determination of the mechanical properties of laminated aluminum-fiberglass under uniaxial tension

Korolenko V.A., Solyayev Y.O.
MAI, Moscow

The development of aerospace technology requires the introduction of new structural materials that have a complex of improved in comparison with those currently used. In this connection, laminated hybrid aluminum-fiberglass materials of the SIAL class are of interest. Laminated SIAL consists of thin sheets of aluminum structural alloys and plastic layers based on adhesive prepregs reinforced by high-strength glass fibers. Aluminum-glass plastics of SIAL class in comparison with monolithic aluminum sheets have the following advantages: high crack resistance, reduced density by 10-15%, high strength, and also increased fire resistance.

An analytical mathematical model for predicting the mechanical and physical characteristics of laminated aluminum-fiberglass was developed. The proposed model is based on a modified model of layered composites, which takes into account the presence of elastoplastic layers of aluminum alloys and the influence of residual stresses arising in the manufacture of the composite. Simulation of uniaxial tension tests is carried out by an iterative method, in which macroscopic deformations are sequentially increased in the material and the stresses appearing in the layers of the composite are calculated. Layers, the stresses in which exceed the tensile strength, are excluded from work.

The structure of the composite SIAL-3-6T is studied. The predictions of the values of the effective characteristics (ultimate strength, yield stress and modulus of elasticity) at temperatures -70 ° C, 20 ° C, 120 ° C, as well as the coefficient of temperature expansion and density are given. The results of an analytical calculation of the confirmed numerical simulation realized using the finite element method in a three-dimensional formulation on a representative fragment of the composite. It is shown that more complex models (for example, Mises plasticity model with analytical forms of the hardening law) should be used to more accurately model the strength of the material. The results of calculations are compared with the provided experimental data. Good agreement between calculation results and experimental data is obtained within 90% of the accuracy.It is shown that the forecast of yield stress values should be given taking into account the residual stresses acting in the layers of composites.

Исследование границы раздела фаз полимерных пленок полученных методами трафаретной печати и распылением через пульверизатор

[1]Кошкин С.С., [1]Бельских Г.Н., [2]Кузьменко А.П.
[1]Авиаавтоматика, [2]ЮЗГУ, г. Курск

Толстопленочная технология, располагает удобными при освоении в производстве и дешевыми методами осаждения пленок, применяется для получения фотоактивных полупроводниковых слоев и создания солнечных элементов. Особенности этой технологии состоят в том, что на соответствующие участки подложки наносятся пасты

методом трафаретной печати, содержащие материал, необходимый для получения проводящих слоев, пленочных резисторов и приборов. В результате последующего отжига, проводимого в определенном режиме времени и температуры, твердые компоненты пасты прочно соединяются с подложкой.

Однако при использовании такого метода получения пленок полимерных паст можно столкнуться с проблемой нанесения на криволинейную поверхность. Метод трафаретной печати позволяет получить пленки только на ровной поверхности с определенным параметром шероховатости. Для получения нагревательного элемента на криволинейной поверхности был использован метод нанесения паст через сопло распылителя под давлением. Предварительно пасты разбавлялись до требуемого значения вязкости, и экспериментально подобраны соотношения растворителя и пасты для ряда сопел распылителя. Были подобраны режимы полимеризации полимерных пленок, в связи с изменением вязкости исходных компонентов. Было изготовлено несколько образцов полимерных пленок на анодированной подложке из алюминия, с целью исследования структуры поверхности и границы разделов пленок. После исследования структуры изготовленных образцов был проведен эксперимент по определению адгезии полимерных паст, к анодированной подложке, нанесенных различными методами. Результатом данной работы является изготовление образцов полимерных паст полученных методом трафаретной печати и методом распыления через пульверизатор на ровной поверхности, с последующим повторением технологии на криволинейной поверхности. Исследование границы раздела фаз полимерных пленок на изготовленных образцах; исследование технических характеристик: электрическая изоляция на пробой и адгезия. Было выявлено что в процессе вжигания разбавленных паст между резистивным и защитным слоями наблюдалась более ровная граница раздела, без изменения свойств адгезии. По техническим характеристикам образцы не имели отличий. Достоинством метода распыления является получение многослойного резистора из полимерных паст на криволинейной поверхности, без изменения технических характеристик, которые могли возникнуть в связи с разбавлением паст растворителем и изменением метода изготовления образцов.

On the phase boundary of polymer films received by screen-printing and pulverization

[1]Koshkin S.S., [1]Belskih G.N., [2]Kuzmenko A.P.
[1]Aviaavtomatika, [2]SWSU, Kursk

Thick-film processing is a cheap and easy-to-use technique for film deposition, so it is widely used for photoactive semiconducting layers and solar cells manufacturing. The main idea is that a paste covers some areas of a base surface using screen-printing. The paste contains a special matter to get conducting layers, film resistors, and so on. The following annealing with appropriate temperature and time provides a strong connection of the base surface and the solid phase of the paste.

Nevertheless, the mentioned technique causes difficulties when one needs to cover a curved surface. The screen-printingis suitable only for flat surfaces with an acceptable roughness.

To produce a heating element on curved surface, we used a technique where the paste goes through a spraying nozzle under high pressure. Preliminary, we experimentally chose the ratio of the paste and a solvent for a set of spraying nozzles, and diluted the paste up to the necessary viscosity. We found the proper process conditions for the films polymerization because of the viscosity modifications of the precursors.

To investigate the surface structure and the phase boundaries of films, we prepared a few samples of polymer films on aluminum anodized plates. After the structure analysis, we carried out adhesion tests of the polymer pastes toward to the anodized plates when covering by different techniques.

The result of our work is a number of samples of polymer films got by screen-printing and pulverization on flat surfaces and then on curved surfaces. Were searched the phase boundaries

of the synthesized polymer films, and their technical characteristics (namely, electrical insulation and breakdown, also adhesion characteristics).

We showed that the phase boundaries are better and exclude any changes in adhesion characteristics when diluted pastes were burned in between the resistive layer and the covering layer. The technical characteristics of such samples were equal.

The main advantage of pulverization technique is the realization of multilayer resistor from polymer pastes on curved surface. Moreover, there are no changes in the technical characteristics, which could be caused by diluting of pastes by solvents or another manufacturing technique.

Оценка влияния материалов формы на температурные напряжения при литье кронштейна аэрокосмического назначения в системе ANSYS

Куркин Е.И., Макурин Н.М., Спирина М.О.
Самарский университет, г. Самара

Проведен анализ влияния коэффициента линейного температурного расширения различных материалов детали и оснастки для литья на напряжения, возникающие при охлаждении после литья кронштейна аэрокосмического назначения. Целью работы является подбор материалов оснастки, предотвращающий разрушение изделия в процессе производства.

В программном комплексе ANSYS Workbench построена математическая модель напряженно-деформированного состояния пресс-формы вместе с деталью. Ввиду сложной формы изготавливаемого кронштейна, оснастка состоит из нескольких частей. Размер оснастки 400 х 200 х150 мм. Поскольку модель всей оснастки и детали симметрична относительно вертикальной продольной плоскости, расчет проводился только для одной половины. Кронштейн и каждая деталь закреплена таким образом, что их деформация происходит относительно общего центра. Расчет модели проводился при следующих размерах расчетной сетки: внешняя группа деталей – 7 мм, внутренняя группа деталей – 5 мм, кронштейн – 2 мм.

Проведены расчеты напряженно-деформированного состояния охлаждаемого кронштейна из нескольких вариантов полимерных материалов. С целью выявления зависимости эквивалентных напряжений от жесткости используемого полимера эпоксидное связующее Т-26, полиамид 6, полиамид 6 с 30% наполнением стекловолокнами, полиамид с 30% наполнением. Показано, что использование пластиков с наполнением приводит к большим температурным напряжениям при производстве детали, что в ряде случаев компенсируется большим пределом прочности этих материалов.

По положению относительно детали компоненты оснастки можно разделить на две группы: внешнюю и внутреннюю. Внешняя группа деталей пресс-формы выполнена из алюминия Д16Т. Кронштейн планируется изготавливать из полимерных материалов, коэффициент линейного расширения которых выше чем для металлов, поэтому использование алюминия для внутренней группы деталей оснастки приводит к разрушению узла. Показано, что замена алюминия на фторопласт для внутренней группы деталей вдвое снижает максимальные напряжения в узле.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-60093 мол_а_дк.

Evaluation of the influence of mold materials on temperature stresses during the molding of the aerospace bracket in the ANSYS system

Kurkin E.I., Makurin N.M., Spirina M.O.
Samara University, Samara

The effect of the coefficient of linear temperature expansion of various materials of a detail and tool for molding on stresses arising during cooling after molding an aerospace bracket was analyzed. The purpose of the work is to select the materials of the rigging tool, which prevents the destruction of the product in the production process.

In the software complex ANSYS Workbench, a mathematical model of the stress-strain state of the mold with a bracket was constructed. Due to the complex was hape of the bracket being manufactured, the rigging was made up of several parts. The size of the rigging is 400 x 200 x 150 mm. Since the model of the entire tool and the parts are symmetrical with respect to the vertical longitudinal plane, the calculation was carried out for only one half. Bracket and each component was fixed in such a way that their deformation occured in relation to the common center. The model was calculated using the following dimensions of the grid: the outer group of parts is 7 mm, the inner group of parts is 5 mm, the bracket is 2 mm.

Calculations of the stress-strain state of the cooled bracket from several variants of polymer materials were carried out. To determine the dependence of equivalent stresses on the rigidity of the polymer was used, the epoxy binder T-26, polyamide 6, polyamide 6 with 30% glass fiber filling, polyamide with 30% filling. It is shown that the use of plastics with filling leads to high temperature stresses in the manufacture of parts, which in some cases is compensated by a large strength limit of these materials.

The position of the component can be divided into two groups: external and internal. The external group of mold parts was made of aluminum D16T. The bracket is planned to be made of polymeric materials, the coefficient of linear expansion is higher than for metals, so the use of aluminum for the internal group of parts of the tooling leads to the destruction of the assembly. It is shown that the replacement of aluminum by fluoroplastic for the inner group of parts reduces by half the maximum stresses in the bracket.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-31-60093 mol_a_dk.

Обзор проблем внедрения цифровых технологий при конструировании ЛА

Лавров В.Г.
МВЗ им. М.Л. Миля, п. Томилино

1) Сложности при внедрении цифровых технологий при конструировании ЛА в разных культурах определяются тремя факторами:

• Несовершенством программ,

• Несовершенством концепций использования программ,

• Человеческими недостатками, например, чрезмерной строгостью при оформлении или, наоборот, отсутствием стандартизации.

2) Недостатки существующих программ и несовершенство в формулировке целей вызывает кратный рост трудоемкости при конструировании. В настоящий момент при работе с трехмерной графикой конструктора делают много подробностей, которые никому не нужны, но не делают того, что необходимо для производства.

3) Отсутствие собственных инженерных программ, в первую очередь – программы трехмерной графики угрожает суверенитету и выживанию страны. Необходима достаточно совершенная программа, способная создавать как сложные поверхности, так и предоставлять инструменты для практической инженерной работы с различными упрощениями и ускорителями. Ключи лицензий должны контролироваться властями России. Программа не должна базироваться на иностранной математике ядра и должна иметь собственное ядро. Это сложная и дорогая научная и программная задача. Вероятно, для окупаемости разработки будет необходимо делать эту разработку совместно с другими государствами.

4) Инженерная программа для ВПК и промышленности России должна быть не только программой трехмерной графики, но должна учитывать все потребности реальной жизни для быстрого создания деталей разного назначения, для создания упрощённой документации (чертежей, эскизов, руководств), для создания многодетальных электронных макетов с тысячами деталей (необходимы как для пространственной увязки разных систем машин, так и для создания различных руководств по эксплуатации).

5) Необходимо изменить организационные подходы при внедрении цифровых технологий. Необходимо радикально уменьшить трудоемкость и решить проблему

создания «живого» макета изделия, в котором все детали изменяются в соответствии с последними изменениями конструкции и в котором можно решить все проблемы конфликтов между системами. Чрезмерная строгость при оформлении макетов и документации, как и отсутствие стандартизации при оформлении и хранении файлов, недопустимы. Необходимо пробовать все цифровые технологии на пилотных проектах и безжалостно отказываться от тех, которые увеличивают трудоемкость.

Digital technologies problems in aviation design

Lavrov V.G.
Mil Moscow Helicopter Plant, Tomilino

1) Digital technologies problems in aviation depend from:

• Bad ideas of program,

• Bad ideas how to use program,

• People disadvantages (ignoring of standards or too strong standards).

2) Bad ideas of engineering programs and bad understanding how to use them lead to increasing of labor inputs many times. Designers make a lot of needless work and don't do the work needed for production.

3) Russia doesn't have good 3-d modeling program and other engineering programs. It is danger for surviving. The country needs its own engineering programs. Russia has to be the owner of the program keys. The program has to have Russian mathematical core. It is very complicated and expensive science problem. Probably, Russian state needs to make international company in aim to resolve this problem.

4) The new Russian program has to make 3-d models, 3-d assemblies with thousands parts, drawing and sketches. (3-d assemblies with thousands parts are needed for 3-d clash analysis, for different sketches and manuals).

5) We have to change digital technology management in aim to make all process faster. It is need to provide for all Russian firms with small number of engineers possibility to have "alive" 3-d mockup with updated parts. (The main advantage of 3-d design is a possibility to find all clashes between different systems). Too strong rules of file decorating or absence of standardization have to be forbidden. We have to check all digital technologies at the small pilot projects and reject all technologies who work slowly them previous.

Методика регулировки профиля крупногабаритного рефлектора

Лайзан В.В., Тайгин В.Б.
ИСС, г. Железногорск

Зеркальные антенны являются значимой составляющей современных космических аппаратов. Для решения новых задач в области космической связи создаются все более совершенные космические антенны, в связи с чем, возрастают требования по их точности и геометрической стабильности. При изготовлении антенны космического аппарата одной из основных целей является получение высокой точности отражающей поверхности рефлектора.

АО «ИСС» имени академика М. Ф. Решетнева» имеет большие наработки в области создания прецизионных рефлекторов из полимерных композиционных материалов (ПКМ), среди которых широкое применение получили трехслойные сотовые конструкции рефлекторов. Однако при изготовлении крупногабаритных рефлекторов, зачастую возникают проблемы с получением высокой точности формы отражающей поверхности, что в дальнейшем напрямую влияет на диаграмму направленности антенны.

До настоящего времени повлиять на профиль уже отформованного рефлектора было невозможно. В ходе конструкторско-технологического поиска нового решения, была разработана методика регулировки профиля рефлектора в процессе его изготовления. Для реализации данной схемы необходимо установить силовую раму на тыльную поверхность отражателя используя дополнительные опоры, а также систему крепления и регулировки, при этом количество точек крепления определяется в зависимости от конфигурации

рефлектора и его габаритов. Установка опор, конструкции крепления силовой рамы и самой силовой рамы необходимо производить после изготовления отражателя, до его демонтажа с поверхности формообразующей технологической оснастки.

После демонтажа производятся измерения формы отражающей поверхности на координатно-измерительной машине. При выявлении отклонений формы необходимо провести регулировку путем перемещения стержня крепления используя гайки, с последующим измерением. Процесс регулировки и измерений необходимо выполнять до достижения наилучших значений профиля отражающей поверхности рефлектора. При достижении необходимых результатов элементы крепежно-регулировочной конструкции стопорятся, для предотвращения самоотвинчивания резьбы при воздействии внешних нагрузок.

Данная разработка дает возможность регулировки формы рефлектора при измерении на координатно-измерительной машине, что в свою очередь позволяет добиться наилучшего значения формы отражающей поверхности максимально приближая его к теоретической.

Method to adjust the profile of the large-sized reflector

Layzan V.V., Taygin V.B.
Reshetnev Company, Zheleznogorsk

The mirror antennas are essential part of the modern spacecrafts. In order to meet new challenges referred to space communications the advanced space antennas are developed thus requirements to their accuracy and geometric stability increase. One of the main goals of the spacecraft's antenna manufacturing is to provide high accuracy for the reflecting surface of the dish.

JSC ISS academician M.F.Reshetnev has a wide experience in manufacturing of the precise reflectors made of polymer composite materials (PCM) and the most common design is three-layer honeycomb reflector. However during the manufacturing of the large-sized reflectors high accuracy issues often raise for reflecting surface profile and they impact on the antenna pattern directly.

So far, it has been impossible to modify the profile of deformed reflector. When looking for new design and engineering solutions used to adjust the reflector profile during its manufacturing the dedicated method was developed. To implement this method the supporting frame shall be mounted on the rear surface of the reflector using additional supports, and also fixture and adjustment system. In this case the number of mounting points shall be defined based on the reflector configuration and size. Supports, fixture structure of the supporting frame and the frame itself shall be mounted after the reflector manufacturing before the reflector dismounting from the surface of the non-flight forming fixture.

Following the reflector dismounting the profile of the reflecting surface shall be measured on the coordinate-measuring machine. When the profile deviations are detected the shape shall be adjusted with the holding rod and nut, and measured. The adjustment and measurement process shall be repeated until the best values of the dish reflecting surface are obtained. Once the specified values are achieved it is required to lock the elements of the fixture and adjustment structure in order to avoid loosening the thread due to external loads.

This development allows the reflector profile to be adjusted during the measurement activities on the coordinate-measuring machine; therefore it provides the best value, close to theoretical one for the profile of the reflecting surface.

Влагозащитные покрытия печатных плат

Левкина Н.С.
МАИ, г. Москва

Влагозащитные покрытия – широкий ряд полимерных материалов, используемый для защиты электронной аппаратуры при работе в жестких условиях и агрессивных средах на всем протяжении срока эксплуатации.

Все разнообразие влагозащитных покрытий сводятся к двум разновидностям: однокомпонентные (без растворителя – не растворы) и двухкомпонентные (растворы). Традиционная классификация материалов для покрытий выглядит следующим образом:

• Акриловые;
• Эпоксидные;
• Силиконовые;
• Уретановые;
• Полипараксилиленовые.

Некоторые из них могут использоваться в смеси. Они представляют собой более сложные системы, представленные мономерами, олигомерами, пеногасителями, наполнителями, ПАВ, растворителями, а также эмульсиями на водной основе. Различные комбинации каждого из компонентов образуют смеси с различными типами отверждения.

Для создания приемлемой вязкости лаковых композиций при их нанесении на поверхность платы их часто разбавляют соответствующими им растворителями. Использование лаков с растворителями связано с выделением летучих воспламеняющихся органических соединений, что требует соблюдения на производстве соответствующих условий пожаробезопасности. Альтернативой с точки зрения пожаробезопасности являются лаковые системы на водной основе.

Разработано много систем лаков, в состав которых не входит растворитель, а отверждение лаков осуществляется за счет воздействия ультрафиолетового (УФ) или другого высокоэнергетического облучения.

Появились новые системы влагозащитных покрытий – гибридные покрытия, которые содержат два или более компонента для улучшения укрывных свойств, например, ARUR – смесь полиакрилатов и полиуретанов, сочетающей в себе полезные свойства того и другого компонента.

Таким образом, сегодня на рынке представлено достаточно много продуктов для влагозащиты. Тем не менее, все они основаны на использовании ограниченного ряда систем: акриловых, эпоксидных, уретановых, кремнийорганических (силиконовых).

Однако, ни один из них не может быть признан универсальным, закрывающим все проблемы влагозащиты и технологий нанесения покрытий.

Moisture protective coating of printed circuit boards

Levkina N.S.
MAI, Moscow

The moisture protective coating – a wide number of polymeric materials used for protection of an electronic package during the work in rigid conditions and severe atmospheres throughout a serviceable life.

All variety of the moisture protective coating come down to two versions: one-component (without solvent – not solutions) and bipropellant (solutions). Traditional classification of materials for coverings looks as follows:

• The acrylic;
• Epoxy;
• Silicone;
• Urethane;
• Poliparaksililenovy.

Some of them can be used in mix.

They represent more composite systems presented by monomers, oligomers, defoamers, excipients, surface-active agents, solvents and also water-based emulsions.

Various combinations of each of components form mixes with various types of a low baking.

For creation of acceptable viscosity of varnish compositions at their drawing on a surface of a payment they are often diluted with the solvents corresponding to them. Use of varnishes with solvents is bound to selection of volatile flammable organic compounds that demands keeping on production of the corresponding conditions of fire safety.

Alternative from the point of view of fire safety are water-based varnish systems.

Many systems of varnishes which part solvent is not are developed, and a low baking of varnishes is carried out due to influence of ultraviolet or other high-energy radiation.

There were new systems of the moisture protective coating – hybrid coverings which contain two or more components for improvement of ukryvny properties, for example, of ARUR – mix of polyacrylates and polyurethanes, combining the useful properties of that and other component.

Thus, today many products for moisture protection are presented at the market. Nevertheless, all of them are based on use of a restricted row of systems: acrylic, epoxy, urethane, organic silicon.

However, any of them cannot be recognized as the universal, closing all problems of moisture protection and technologies of drawing coverings.

Исследование изменения структуры и элементного состава жаростойких покрытий для защиты никелевых сплавов

Лонский С.Л., Куршев Е.В., Деев И.С., Денисова В.С.
ВИАМ, г. Москва

Одной из актуальных задач современного авиационного материаловедения является исследование структурных особенностей высокотемпературных материалов, предназначенных для применения в наиболее теплонагруженных узлах двигателей. В частности, необходимо изучение жаростойких реакционноотверждаемых покрытий, основной особенностью которых является возможность их формирования при температурах, близких к рабочим, с одновременным повышением температуроустойчивости.

Целью проводимых работ является исследование структурных превращений и элементного состава жаростойких реакционноотверждаемых покрытий в зависимости от их состава с применением методов сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа, а также выявление закономерностей формирования структуры жаростойких покрытий при обжиге.

Проведена аттестация исходных компонентов (тетраборид кремния (SiB4) и смесь тугоплавких стекол в системе BaO-Al2O3-SiO2) и изучены их геометрические формы, линейные размеры, распределение фракций по размерам и элементный состав, что в дальнейшем обеспечило их идентификацию при исследовании жаростойких реакционноотверждаемых покрытий.

Выявлено, что после обжига и высокотемпературной выдержки в покрытии присутствуют темные включения неправильной формы, при этом количество темных включений растет с увеличением содержания SiB4 в исходных шликерах исследуемых покрытий. Результаты элементного анализа (B - 73-80 % атом., Si - 13-20% атом., O - 4-10% атом.) подтверждают, что темными включениями являются не полностью окисленные частицы тетраборида кремния. Рентгеноспектральный микроанализ границы раздела основного покрытия и частиц тетраборида кремния показал, что область вокруг частиц тетраборида кремния обогащена боросиликатным стеклом, являющимся продуктом окисления тетраборида кремния. На основании данных результатов можно сделать вывод, что лимитирующей стадией в процессе реакционного отверждения может быть образование фазы боросиликатного стекла, более легкоплавкого, чем матричное стекло в системе BaO-Al2O3-SiO2, достаточного для препятствия диффузии кислорода к частицам тетраборида кремния.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00207/

The investigation of structural changes and elemental composition of heat resistant coatings for nickel alloys protection

Lonskii S.L., Kurshev E.V., Deev I.S., Denisova V.S.
VIAM, Moscow

The one of urgent tasks of state-of-art aviation materals science is investigation of structure features of high temperature materials which are designed for application in most heat-loaded engine joints. Particularly it is necessary to research the heat resistant reaction cured coatings, the main feature of which is the possibility of their formation at the temperature close to operating ones with simultaneous increase of high temperature stability.

The purpose of the work is the research of structural transformations and elemental composition of heat resistant reaction cured coatings depending on their composition using the methods of scanning electron microscopy and electron probe microanalysis, and also the definition of mechanisms of structure forming of heat resistant coatings while firing.

The validation of components (silicon tetraboride (SiB4) and the mix of refractory glasses in BaO-Al2O3-SiO2 system) was carried out; their geometric shapes, linear sizes, particles sizes distribution and elemental composition were studied, which provided the identification while studying the heat resistant reaction cured coatings.

It was discovered that after firing and high temperature exposure the dark inclusions of irregular shape are still founded in coatings structure, and the quantity of dark inclusions increase with increasing of SiB4 content in slurries of coatings. The elemental analysis shows (B - 73-80 % atom., Si - 13-20% atom., O - 4-10% atom.) that the dark inclusions are not fully oxidized particles of silicon tetraboride. Electron probe microanalysis of the matrix and silicon tetraboride particles interface shows that the area surrounding the silicon tetraboride particles is enriched with borosilicate glass which is the product of silicon tetraboride oxidation. Based on these results the conclusion is that the limiting stage of reaction cure may be the borosilicate phase glass formation which is more low melting than matrix glass in BaO-Al2O3-SiO2 system in sufficient amount for preventing the oxygen diffusion to silicon tetraboride particles.

The studies were carried out with the financial support of RFBR as a part of research project № 18-33-00207.

Установка-газификатор жидкого азота для контроля монтажа терморегулирующего покрытия космических аппаратов методом захолаживания

Максимов Д.Ю., Агашкин С.В.
ИСС, г. Железногорск

Одним из вариантов решения задачи терморегулирования космического аппарата в космосе и защиты его систем от перегрева является нанесение оптических солнечных отражателей (ОСО). Элементы ОСО представляют собой квадратные кварцевые пластинки посеребренные с одной стороны, которые крепятся при помощи специального компаунда на корпус космического аппарата с внешней стороны и формируют собой защитный терморегулирующий экран.

В связи с тем, что наличие пузырьков воздуха в клеевом соединении может привести к разрушению элемента ОСО необходим не только качественный подход к выбору компаунда, но и обеспечение жестких требований по контролю качества монтажа элементов отражателей, который в настоящее время осуществляется методом обдува холодным газом - парами жидкого азота.

Метод заключается в посекторальном обдуве терморегулирующего покрытия холодным газом до появления росы. В местах непроклея образуются темные пятна, на которых запотевание происходит с запозданием по отношению ко всей поверхности.

На данный момент для операций захолаживания применяют криогенные цистрены ЦТК, которые представляют собой массивный криогенный баллон порядка 500 литров с вакуумной изоляцией, основным назначением которых является исключительно транспортировка и хранение жидкого азота и для тонких операций они не предназначены.

Представленная азотная установка обеспечивает значительную экономию жидкого азота, а также решает выше изложенные проблемы контроля процесса подачи пара благодаря управлению процессом работы установки программируемым логическим контроллером. По поступающим на аналоговые входы сигналам с датчиков, контроллер следит за показаниями о давлении в ёмкости и температуре пара на выходе и через аналоговые выходы управляет тиристорным регулятором мощности нагревателей, тем самым осуществляя регулировку интенсивности подачи холодного газа, что обеспечивает требуемое качество проведения операции захолаживания и более рациональному расходу жидкого азота.

Также преимуществом представленной установки можно считать её компактность и мобильность, что позволит использовать технологии захолаживания при необходимости в любом цехе общей сборки КА.

Gasifier of liquid nitrogen for control the installation of the thermal-controlling coating of space vehicles by cooling method

Maximov D.Y., Agashkin S.V.
Rehsetnev Company, Zheleznogorsk

One of the solutions to the problem of thermal control of a spacecraft in space and the protection of its systems from overheating is the application of optical solar reflectors (OCO). The CCA elements are square quartz plates silvered on one side, which are mounted with the help of a special compound on the body of the spacecraft from the outside and form a protective thermostatic screen.

Due to the fact that the presence of air bubbles in the adhesive joint can lead to the destruction of the CCA element, not only a qualitative approach to the choice of compound is necessary, but also to meet stringent quality control requirements for the installation of reflector elements, which is currently carried out by blowing cold gas. liquid nitrogen.

The method consists in sectoral blowing of the thermoregulatory coating with cold gas until dew appears. In areas of non-glue, dark spots form on which misting occurs with a delay in relation to the entire surface.

At present, cryogenic cistrenes of CTC are used for cooling operations, which are a massive cryogenic cylinder of about 500 liters with vacuum insulation, the main purpose of which is solely the transportation and storage of liquid nitrogen and they are not intended for delicate operations.

The presented nitrogen plant provides significant savings of liquid nitrogen, and also solves the above problems of controlling the steam supply process by controlling the process of the plant operation by a programmable logic controller. According to the sensor signals coming to the analog inputs, the controller monitors the readings of the pressure in the tank and the steam temperature at the output and controls the thyristor power regulator of the heaters through the analog outputs, thereby adjusting the intensity of the cold gas supply, which ensures the required quality of the cooling operation and more rational consumption of liquid nitrogen.

Also the advantage of the presented installation can be considered its compactness and mobility, which will allow using the cooling technologies if necessary in any workshop of the general assembly of spacecraft.

Методика нанесения и свойства жаростойких реакционноотверждаемых покрытий для защиты жаропрочных никелевых сплавов

Малинина Г.А., Денисова В.С., Лонский С.Л., Куршев Е.В.
ВИАМ, г. Москва

К жаростойким покрытиям на основе тугоплавких стекол для защиты жаропрочных никелевых сплавов, применяемым в конструкции двигательных установок авиационной техники, предъявляются повышенные требования по технологичности и качеству. В связи с этим особое внимание уделяют методике синтеза шликеров жаростойких покрытий и параметрам их нанесения и обжига на металлических подложках. При решении

актуальной задачи создания покрытий, работоспособных при 1200-1250°С и формируемых при температурах, близких к рабочим, требуется создание методики нанесения таких покрытий и изучение реологических и седиментационных свойств шликеров, что позволит получать бездефектные покрытия, исключающие диффузию кислорода к защищаемому металлу. Снижение температуры формирования таких покрытий достигается за счет введения в состав тетраборида кремния (SiB4). Данный класс покрытий называют реакционноотверждаемыми.

Синтезированы шликеры жаростойких покрытий, методом лазерного дифракционного анализа исследовано влияние длительности размола (10 ч, 20 ч, 30 ч и 40 ч) на гранулометрический состав шликеров. Выявлено, что варьирование длительности размола не оказывает существенного влияния на степень анизотропии частиц шликеров. Седиментационная устойчивость шликеров составляет 68-70%, после выдержки суспензий шликеров в течение 24 часов труднoперемешиваемого осадка не образуется.

Суспензии шликеров наносили на опескоструенные образцы жаропрочного никелевого сплава (патент RU 2283361) путем распыления. При нанесении и сушке оголения поверхности металла и вторичного течения шликера не наблюдалось. Высокотемпературный обжиг проводили в камерной печи SNOL 30/1300. Выявлено, что введение SiB4 позволяет снизить температуру формирования покрытий на 50°С относительно аналогичного состава, не содержащего тетраборид кремния. Поверхность покрытий после обжига не имеет дефектов, глянцевая, сколы, прогары, трещины и другие дефекты отсутствуют.

Таким образом, на основании проведенных исследований создана и оптимизирована методика нанесения и формирования жаростойких реакционноотверждаемых покрытий для защиты деталей из жаропрочных никелевых сплавов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00207.

The method of application and properties of heat resistant reaction cured coatings for heat-resistant nickel alloys protection

Malinina G.A., Denisova V.S., Lonsky S.L., Kurshev Y.V.
VIAM, Moscow

The increased requirements on processability and quality are applied to heat resistant coatings based on refractory glasses for heat-resistant nickel alloys protection, which are used in gas engines of aviation vehicles. Due to that the higher attention is now paid to synthesis method of slurries of heat-resistant coatings and their application and firing parameters on metal substrates. The development of coatings application method and rheological and sedimentation properties researching are needed for solving the actual problem of coatings desing which are operated at temperatures of 1200-1250°C and cured at temperatures close to operating ones that provide obtaining the defectless coatings excluding the oxygen diffusion to protected metal. The temperature reduction is provided by adding silicon tetraboride (SiB4) to the coatings composition. This class of coating is named as reaction-cured.

The slurries of heat-resistant coatings are synthesized, the influence of ball milling duration (10 h, 20 h, 30 h, 40 h) is investigated by laser diffraction method. It was obtained that ball milling duration has no significant influence to the degree of anisotropy of slurry particles. The sedimentation stability of slurries is 68-70%, the difficult to mix sediment was not formed after 24 h exposure.

The suspensions of slurries were applied on sand blasted metal samples of heat-resistant nickel alloy (pat. RU 2283361) by spraying. No exposure of metal surface nor secondary flow was observed. The high temperature firing was carried out in chamber furnace SNOL 30/1300. It was discovered that adding SiB4 provides lowering the temperature of coatings formation for 50°C in comparison with the same composition of coating without SiB4 addition. The surface of coatings after firing had no defects, it was glossy and any chips, burnouts, cracks were not obtained.

According to the results of carried investigations, the method of application and forming heat-resistant reaction-cured coatings was designed and optimized for details of heat-resistant nickel alloys protection applications.

The studies were carried out with the financial support of RFBR as a part of research project № 18-33-00207.

Влияние высокоэнтальпийного кислородсодержащего потока плазмы на прочностные характеристики градиентного абляционно-стойкого композиционного материала на основе Zrx(B-O)y-SiC

[1]Мировой Ю.А., [2]Бурлаченко А.Г., [2]Буякова С.П.
[1]ТПУ, [2]ИФПМ СО РАН, г. Томск

В рамках данной работы разработан теплозащитный слоистый керамический материал, структура которого выстроена по принципу уменьшения теплопроводности от фронтальной к тыльной поверхности, что призвано обеспечить высокую теплоизоляцию при эксплуатации в экстремальных условиях. В настоящее время, основой высокотемпературных керамик является соединение ZrB2-SiC, увеличение содержания SiC в котором обеспечивает повышение стойкости к окислению. В качестве основных компонентов в слоистом композите выбраны ZrB2-SiC выполняющий функцию абляционно стойкой фронтальной поверхности и ZrO2, являющийся материалом с аномально низкой теплопроводностью. Сочетание двух особенных свойств данных материалов в виде слоистого композиционного материала, делает его весьма привлекательным в области авиации и космонавтики.

Поскольку, элементы ракет и гиперзвуковых летательных аппаратов помимо эксплуатации в термонагруженых условиях подвержены растягивающим напряжениям, исследование прочностных характеристик является необходимым требованием в выполнении работ по данному классу материалов. В работе было изучено влияние воздействия гиперзвукового высокоэнтальпийного кислородсодержащего потока плазмы с температурой 2900С и временем выдержки 1000 секунд на прочностные характеристики полученных градиентных композитов. Установлено, что после термических испытаний прочность при диаметральном сжатии (разрыве) градиентного материала возрастает на 30%, что свидетельствует о реализации в композите процессов самозалечивания случайных технологических дефектов и самовосстановления.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ №18-72-0057 от 31.07.2018.

Effect of high-enthalpy oxygen-containing plasma flow on strength characteristics of gradient ablation-resistant composite material based on Zrx (B-O)y-SiC

[1]Mirovoy Y.A., [2]Burlachenko A.G., [2]Buyakova S.P.
[1]TPU, [2]ISPMS SB RAS, Tomsk

Within the present work, thermoresistant multilayer ceramic material was developed. The obtained material possesses layer-by-layer structure with the decreasing thermal conductivity from the top to the bottom layer. This structure allows exploitation in extreme conditions. For that moment, ZrB2-SiC composites are the main component of high-temperature ceramics. With that, rise of the SiC content increases oxidation-resistance of the material. As a base components of the multilayer material, ZrB2-SiC as an ablation-resistant top layer and ZrO2 having ultra-low thermal conductivity were selected. Combination of the listed materials features makes the final composite promising for aerospace craft industry.

As the parts of rockets and ultra-sound aircrafts undergo not only exploitation in extreme thermal conditions but also high tensile stress, it is necessary to investigate the mechanical properties of the materials for such applications. The effect of ultra-sound high-enthalpy oxygen-containing plasma flux treatment with temperature of 2900 °C and time of 1000 seconds on mechanical properties of the obtained multilayer gradient composites was studied. It was found,

that thermal treatment lead to the increase of diametral compressive strength for 30 %. That fact shows the presence of self-healing processes in the obtained composite.

This research was supported by Russian Foundation for Basic Research, research project No. 18-72-00057 dated 31.07.2018.

Перспективные методы получения металлических порошков для аддитивных технологий

Моргуль А.С., Юдаев С.В., Слезов С.С.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день наблюдается широкий интерес к аддитивному производству (АП) изделий из металлических сплавов, который можно оценить по растущему количеству научных работ в этой области, что связано прежде всего с потенциальной экономической выгодой при использовании новых технологий.

Аддитивные технологии подразумевают послойное наращивание материала взамен его удаления в традиционных методах производства, что позволяет исключить потери материала при обработке резанием, которые могут доходить до 90%. Данные методы хорошо подходят при создании прототипов и мелких партий изделий: отсутствует необходимость изготовления оснастки, наладки оборудования, расчетов режимов резания и термообработки. Для послойного наращивания изделия достаточно иметь в наличии расходный материал, правильно подобранный режим спекания (сплавления) и трехмерную модель изделия, которая может быть быстро доставлена из инженерного цеха на производства в электронном виде.

Значительную часть стоимости АП составляет исходный материал, коим могут быть порошкообразные сплавы титана, никеля, кобальта, алюминия и прочих сплавов. Исходный материал должен обладать высоким показателем сферичности для большей насыпной плотности и равномерности распределения материала, а также максимально близкими гранулометрическим и химическим составами.

Самый распространенный метод получения порошков для аддитивных технологий заключается в распылении расплава струей инертного газа или центробежной силой. Этот метод позволяет получить частицы сферической формы дисперсностью до 20 мкм, близких по составу, однако возможность взаимодействия расплава с огнеупорной футеровкой установки сужает возможности по производству титановых, циркониевых и других сплавов.

Анализ литературных данных показывает, что сфероидизация порошков неправильной формы в потоках высокочастотной плазмы также может обеспечить требуемый комплекс свойств материалов для аддитивных технологий. При реализации данного метода исходный материал однородного химического состава гидрируется для обеспечения хрупкости при последующем дроблении. Полученная взвесь рассеивается по размеру, что позволяет лучше контролировать фракцию порошка в сравнении методами диспергирования расплава и после дегидрирования при повышенных температурах подвергается сфероидизации посредством электродугового плазмотрона.

Рассмотренный метод получения металлических порошков может получить широкое распространение благодаря большему выходу годного продукта.

Promising methods for the production of metal powders for additive technologies

Morgul A.S., Udaev S.V., Slezov S.S.
MAI, Moscow

Today broad interest to the additive production (AP) of products from metal alloys which can be estimated by the growing number of scientific works in this area that is connected first of all with a potential economic benefit when using new technologies is observed.

Additive technologies mean layer-by-layer building of material instead of his removal in traditional methods of production that allows to exclude losses of material when processing by cutting which can reach 90%. These methods well approach during creation of prototypes and

small lot of products: there is no need of production of the equipment, adjusting, calculations of the modes of cutting and heat treatment. For layer-by-layer building of a product it is enough to have available an expendable material, correctly picked up mode of agglomeration (alloyage) and three-dimensional model of a product which can be quickly delivered from the engineering shop to productions in electronic form.

Considerable part of cost of AP is made by initial material which can be powdery alloys of the titan, nickel, cobalt, aluminum and other alloys. Initial material has to possess a high rate of sphericity for the bigger bulk density and uniformity of distribution of material and also the closest granulometric and chemical structures.

The most widespread method of receiving powders for additive technologies consists in fusion dispersion by a stream of inert gas or centrifugal force. This method allows to receive particles of spherical shape dispersion to 20 microns close on structure, however the possibility of interaction of fusion with fire-resistant lining of installation narrows opportunities for production of titanic, zirconium and other alloys.

The analysis of literary data shows that the sferoidization of powders of irregular shape in streams of high-frequency plasma can also provide the required complex of properties of materials for additive technologies. At realization of this method initial material of the uniform chemical composition is hydrogenated for ensuring fragility at the subsequent crushing. The received suspension dissipates by the size that allows to control better fraction of powder in comparison by methods of dispergating of fusion and after dehydrogenation at the increased temperatures is exposed to a sferoidization by means of an arc plasmatron.

The considered method of receiving metal powders can be widely adopted thanks to a bigger exit of a suitable product.

Методика определения усталостных дефектов в магистральных трубах

Мусаев С.Д., Бецофен С.Я., Грушин И.А.
МАИ, г. Москва

Магистральные трубопроводы относятся к стратегическим объектам страны с повышенным экологическим риском техногенных аварий. При эксплуатации трубы подвергаются перепадам температуры, давления, воздействию агрессивной околотрубной среды под действием статических и циклических нагрузок. В металле возникают микротрещины, которые объединяясь, перерастают в макротрещину, являясь дефектом, повышают вероятность разрушения конструкции в процессе эксплуатации под действием рабочей нагрузки. Они возникают вследствие продолжительной эксплуатации оборудования в агрессивной среде. Расслоение, образование пузырей в теле металла и его растрескивание происходят вследствие проникновения атомарного водорода в поверхность и диффузии вглубь металла, чему способствует повышенное давление рабочей среды. Исследования проводились на образцах размера 500×110×18,5 мм, вырезанных из трубы диаметром 1420 мм при ее толщине 18,5 мм. Агрессивной средой являлся водный раствор, содержащий 122мг/л KCl, 483мг/л $NaHCO_3$, 181мг/л CaCl, 131мг/л $MgSO_4$, 24,72г/л H_3 BO_3 , 15,25г/л (Na_2 B_4 O_7 x $10H_2$ O), 78мг/л Na_2 S. После определения предела текучести материала, в режиме ускоренных испытаний, образец подвергали усталостному нагружению с амплитудой (0,85-0,95) от предела текучести. Принятые режимы нагрузок максимально приближены к рабочим условиям эксплуатации магистральных трубопроводов. Выявление и контроль дефектов производится ультразвуковым методом, с помощью ультразвукового дефектоскопа. Результаты испытаний сводятся в таблицы, строятся графики зависимости, по которым определяется влияние агрессивных сред под действием нагрузок. По разработанной методике испытаний можно проводить сравнительные испытания различных материалов и способов их обработки для магистральных труб. На основании полученных результатом можно вводить корректирующие коэффициенты в расчеты остаточного ресурса магистральных труб исходя из параметров усталостных испытаний материала отработанных труб индивидуально под каждые условия эксплуатации (климатические условия, наличие

коррозионной среды, наличие коррозионной защиты и т.д.). Экспериментальным методом выявили, что влияние коррозионной среды на скорость роста усталостной трещины образца магистральной трубы.

Method for determining fatigue defects in main pipes

Musaev S.D., Betsofen S.Y., Grushin I.A.
MAI, Moscow

The main pipelines are strategic objects of the country with an increased environmental risk of man-made accidents. During operation, pipes are subjected to temperature, pressure, and aggressive near-pipe environment under the influence of static and cyclic loads. Microcracks arise in the metal, which, when combined, develop into a macrocrack, being a defect, increase the probability of structural failure during operation under the action of the working load. They arise as a result of prolonged use of equipment in an aggressive environment. Stratification, the formation of bubbles in the metal body and its cracking occur due to the penetration of atomic hydrogen into the surface and diffusion into the metal, which is facilitated by increased pressure of the working medium. Studies were conducted on samples of size 500 × 110 × 18.5 mm, cut from a pipe with a diameter of 1420 mm with a thickness of 18.5 mm. The aggressive medium was an aqueous solution containing 122 mg / l KCl, 483 mg / l $NaHCO_3$, 181 mg / l CaCl1, 131 mg / l $MgSO_4$, 24.72 g / l H_3 BO_3 , 15.25 g / l (Na_2 B_4 O_7 x $10H_2$ O), 78 mg / l Na_2 S. After determining the yield strength of the material, in the mode of accelerated testing, the sample was subjected to fatigue loading with an amplitude (0.85-0.95) of the yield strength. The accepted modes of loads are as close as possible to the working conditions of operation of main pipelines. Defects are detected and monitored by an ultrasonic method using an ultrasonic flaw detector. The test results are summarized in tables, the graphs of dependences are built, according to which the influence of aggressive media under the action of loads is determined. According to the developed test method it is possible to conduct comparative tests of various materials and methods of their processing for trunk pipes. Based on the results obtained, it is possible to introduce correction factors into the calculations of the residual life of main pipes based on the parameters of fatigue testing of the material of waste pipes individually for each operating condition (climatic conditions, presence of a corrosive environment, presence of corrosion protection, etc.). Experimental method revealed that the influence of the corrosive environment on the growth rate of the fatigue crack of the sample pipe.

Разработка технологии производства нового класса углеродных волокон на основе полиакрилонитрилла

Находнова А.В.
НИИграфит, г. Москва

Благодаря своим исключительным свойствам, углеродные волокна (УВ) обеспечивают себе высокий уровень спроса как в материалах стратегического назначения (ракетно-космическая техника, авиация), так и в потребительском секторе (строительство, спорт), а также в альтернативной электроэнергетике, ветроэнергетике. Использование УВ позволяет получать конструкции на 40% легче аналогичных алюминиевых и на 60% легче стальных.

В последнее время на рынке появился новый класс УВ: высокопрочно-высокомодульные (ВПВМ), которые имеют прочность на уровне высокопрочных УВ (от 4,0 до 5,6 ГПа) и в то же время высокие значения модуля Юнга (от 350 до 450 ГПа), характерные для высокомодульных УВ.

В настоящее время эту продукцию поставляют такие крупные производители как «Toray», «Teijin Group», однако готовых патентных решений по получению данного класса УВ не существует. Не существует также и описаний подобных технологий в открытой научно-технической и справочной литературе. Купить эту технологию или само УВ не представляется возможным, учитывая специфику его областей применения (санкционный продукт). В связи с этим возникает задача разработки отечественной технологии получения такого класса УВ.

В рамках решения поставленной задачи в АО «НИИграфит» проводятся экспериментальные разработки уникальных технологических режимов переработки (протяжки, степени вытяжки, температуры, обработки в особой газовой среде) отечественного ПАН-прекурсора в УВ, а также проектирование непрерывной линии производства УВ, которая позволит оптимизировать стадию графитации за счет нагревателей особой конструкции и обеспечить повышение однородности кристаллической УВ, контролируемой по соотношению параметров рентгеноструктурного анализа и рамановской спектроскопии. Тем самым будет решена проблема отсутствия на российском рынке УВ со следующими физико-механическими свойствами: прочность на уровне высокопрочных УВ - до 7000 МПа, и в то же время высокое значения модуля упругости - 450 ГПа. Данные УВ будут иметь коэффициент термического расширения вдоль оси УВ близкий к нулевым значениям в температурном диапазоне ± 200 0 С.

Использование УВ, получаемого по разрабатываемой технологии, приведет к радикальному повышению эксплуатационных свойств, снижению массы и повышению надежности углерод-углерод и полимерных композиционных материалов, применяющихся в аэрокосмической отрасли.

Development of production technology for a new class of carbon fibers based on polyacrylonitrile

Nakhodnova A.V.
NIIgrafit, Moscow

Due to their exceptional properties, carbon fibers (CF) provide a high level of demand in strategic (airspace vehicles, rocket missiles), and consumer (construction, sports inventory) materials, as well as in alternative, including wind, energy power sector. The use of CF makes it possible to manufacture structures that are 40% lighter than similar aluminum and 60% lighter than steel ones.

Recently, a new class of CF has appeared on the market: high-strength-high-modulus (HSHM), which have strength at the level of high-strength CF (from 4.0 to 5.6 GPa) and at the same time high Young's modulus values (from 350 to 450 GPa), characteristic of high-modulus CF.

Currently, these products are supplied by such large manufacturers as Toray, Teijin Group, but there are no ready-made patent solutions for this CF class. There are also no descriptions of such technologies in the open scientific, technical and reference literature. Given the specificity of its fields of application (sanctioning product) it is not possible to buy this technology or CF in question. The task of developing a domestic technology for obtaining such a class of hydrocarbons arises based on this connection.

In the JSC "NIIgrafit" within the framework of this task experimental development of the unique technological processing modes (stretching, extraction, temperature, processing in a special gas environment) of the domestic PAN precursor in CF were carried out, as well as the design of a continuous production line for the CF that will optimize the graphitization stage due to a special design heaters and provide an increase in the crystalline CF uniformity that is controlled by the X-ray analysis and Raman ray spectroscopy parameters ratio. This will solve the problem of the CF absence in the Russia with the following physical and mechanical properties: strength at the level of high-strength CF - up to 7000 MPa, and at the same time high values of the modulus of elasticity - 450 GPa. Said CF should have thermal expansion coefficient along the axis close to zero at temperature intervals ± 200 deg. C.

Application of CFs manufactured as per proposed technology should lead to drastic increase in performance and reliability, decrease of mass of carbon-carbon and polymer composites used in airspace industry

Теплоотдача встроенных компонентов

Новиков Н.А., Сашина А.А.
МАИ, г. Москва

Современные тенденции к миниатюризации заставляют инженеров использовать новые технологии. Примером такой технологии может служить технология встраивания дискретных компонентов в объем печатной платы. Её особенностью, как следует из названия, является установка элементов на внутренние слои.

У технологии имеются такие преимущества, как большая защита от внешних условий, снижение конечного размера печатной платы и т.д.[1] Вопросы вызывает улучшение теплоотдачи. Конвективная теплопередача оказывает большое влияние на качество теплоотвода, что в свою очередь влияет на надежность электронных устройств. Логично предположить, что при хорошей конвекции лучше себя покажут SMD-элементы.[2] А при пониженной конвективной теплопередаче встроенные компоненты будут выигрывать за счет более эффективной теплопроводности.

Для проверки данной гипотезы решено использовать компьютерное моделирование в программном комплексе ANSYS. Разработано 4 основных примитива, представляющие собой платы из стеклотекстолита с резисторами 0603:

- Плата с одним установленным на поверхность резистором;
- Плата с установленной на поверхность матрицей из 9 резисторов;
- Плата с одним встроенным резистором;
- Плата с матрицей из 9 встроенных резисторов.

Результаты показали, что при одинаковой выделяемой мощности, одиночный встроенный компонент обладает значительно меньшей максимальной температурой. Однако при этом нагревается практически вся поверхность платы. В случае группы резисторов данное преимущество достаточно сильно снижается и разница в температурах незначительна.

Решено провести натурные эксперименты, которые позволят более точно оценить и сравнить теплоотдачу элементов поверхностного и встроенного монтажа. Тестовая плата представляет собой матрицу из резисторов типоразмера 0603 и 0806, а также их групп по 6 штук. Платы изготавливаются с использованием технологий поверхностного, встроенного, а также комбинированного монтажа. Основой эксперимента является нагрев резисторов до заданной температуры и контроль температуры на поверхности и во внутренних слоях печатной платы.

Результаты экспериментов показывают реальные температуры в различных условиях, что позволит подобрать необходимые критерии для создания максимально адекватной модели. Далее с помощью изменения параметров можно будет построить графики “эффективности” использования встроенного монтажа в тех или иных условиях.

Heat transfer of embedded components

Novikov N.A., Sashina A.A.
MAI, Moscow

Modern trends towards miniaturization force engineers to use new technologies. An example of such technology can be the technology of embedding discrete components in the volume of a printed circuit board. Its feature, as its name suggests, is the installation of elements on the inner layers.

The technology has such advantages as greater protection from external conditions, reduction of the final size of the printed circuit board, etc. [1] Improvements in heat transfer cause questions. Convective heat transfer has a great influence on the quality of the heat sink, which in turn affects the reliability of electronic devices. It is logical to assume that with good convection, SMD elements will show themselves better. [2] And with reduced convective heat transfer, the embedded components will benefit from more efficient thermal conductivity.

To test this hypothesis, it was decided to use computer modelling in the ANSYS software products. 4 basic primitives were developed, which are boards made of fiberglass with resistors 0603:

• Board with one resistor installed on the surface;
• Board with a surface mounted matrix of 9 resistors;
• Board with one built-in resistor;
• Board with a matrix of 9 built-in resistors.

The results showed that with the same power output, a single integrated component has a significantly lower maximum temperature. However, the entire surface of the board is heated. In the case of a group of resistors, this advantage is greatly reduced and the temperature difference is low.

It was decided to carry out field experiments that would allow more accurate evaluation and comparison of the heat transfer of surface and in-line assembly elements. The test board is a matrix of resistors of size 0603 and 0806, as well as their groups of 6 pieces. The boards are manufactured using surface, integrated, and combined mounting technologies. The experiment is based on heating the resistors to a specified temperature and controlling the temperature on the surface and in the inner layers of the printed circuit board.

The results of the experiments show the actual temperatures under different conditions, which will allow selecting the necessary criteria for creating the most appropriate model. Further, by changing the parameters, it will be possible to plot the "efficiency" of the use of the built-in installation in certain conditions.

Влияние термоводородной обработки на структуру и свойства орторомбического сплава

Орлов А.А., Пожога О.З., Иванов А.Е.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы являлось исследование влияния различных режимов термической и термоводородной обработок на структуру и твердость сплава ВТИ-4.

Твердость исходного прутка довольно высока по сравнению с обычными сплавами титана – 46 HRC, из-за напряженного состояния материала после деформации.

Исследования показали, что после термической и термоводородной обработок по указанным режимам, состав фазы сплава представлен β-and O-фазами с преобладанием объемной доли O-фазы.

ТВО с вакуумным отжигом по одноступенчатому режиму с выдержкой при температуре 700°С приводит к формированию мелкодисперсной структуры, которая происходит из-за медленного прохождения диффузионных процессов при этой температуре, и рост частиц о-фазы, сформированных в процессе β → о преобразовании, затруднен.

Увеличивание температуры вакуумного отжига к 750 °, 800 ° и 850°С приводит к укрупнению структурных компонентов.

Твердость сплава после одноступенчатого вакуумного отжига с температурой нагрева 700°С составила 38,0 HRC. укрупнение структурных состовляющих после вакуумного отжига с температурой нагрева 750 ° – 850°С приводит к уменьшению в твердости к 36.0 HRC.

После вакуумного отжига по тсупенчатым режимам с температурами нагрева на второй ступени и третьей ступени 800 ° и 850°С, твердость сплава увеличивается на ~1 HRC по сравнению с обработкой по одноступенчатому режиму с нагревом до тех же температур - до 37.5 и 37.0 HRC, соответственно.

Такое изменение твердости происходит по-видимому из-за структурных превращений, происходящих во время процесса выдержки на первых и последующих стадиях вакуумного отжига. Изотермическая выдержка при температуре 625°С приводит к реализации β→O превращения в процессе дегазации, но вследствие низкой температуры вакуумного отжига, когда диффузионные процессы затруднены, преимущественно

происходит образование, а не рост частиц О-фазы. В процессе выдержки на следующей ступени вакуумного отжига (800 ° и 850°С), происходит рост ранее сформированных частиц о-фазы, но из-за их большого количества и дисперсности, процесс роста затруднен.

Таким образом, ступенчатый отжиг позволяет формировать более дисперсную структуру и немного увеличивать твердость сплава по сравнению со структурой с большими структурными компонентами, полученными после одноступенчатых режимов.

Influence of thermal hydrogen treatment on structure and property of the orthorhombic alloy

Orlov A.A., Pozhoga O.Z., Ivanov A.E.
MAI, Moscow

The purpose of this work was the research of influence of various modes of thermal and thermal hydrogen treatments on structure and hardness of VTI-4 alloy.

Hardness of an initial bar is rather great value in comparison with routine titanic alloys – 46 units of HRC that is caused by stress of material after deformation.

The conducted researches showed that after thermal and thermal hydrogen treatments on the specified modes the phase composition of alloy is presented β-and O-phases with a dominance of volume ratio of the O-phase.

Thermal hydrogen treatment with vacuum annealing on the singlestage mode with endurance at a temperature of 700 °C leads to formation of finely divided structure that is caused by delayed passing of diffusion processes at this temperature, and body height of the particles of the O-phase which are formed in process β → About transformations is complicated.

Temperature increase of vacuum annealing to 750 °, 800 ° and 850 °C leads to integration of structural components.

Hardness of alloy after singlestage vacuum annealing with heating temperature of 700 °C was 38,0 units of HRC. Integration of structural components after vacuum annealing with heating temperature 750 ° – 850 °C leads to decrease in hardness to 36,0 units of HRC.

After vacuum annealing on the graduated modes with heating temperatures on the second and third stage 800 ° and 850 °C the hardness of alloy increases on ~ 1 units of HRC in comparison with processing on the singlestage mode with heating to the same temperatures – to 37,5 and 37,0 units of HRC, respectively.

Such change of hardness is caused, apparently, by the structural changes happening in the course of endurance on the first and the subsequent steps of vacuum annealing. The isothermal endurance at a temperature of 625 °C leads to realization β → About turning into decontamination process, but owing to the low temperature of vacuum annealing when diffusion processes are complicated, mainly there is an education, but not body height of particles of the O-phase. In the course of endurance at the following step of vacuum annealing (800 ° and 850 °C) there is a body height of earlier created O-phase particles, but owing to their great many and dispersion process of body height is complicated.

Thus, graduated annealing allows to create more dispersible structure and to increase the hardness of alloy in comparison with the structure with larger structural components received after the singlestage modes a little.

Перспективы применения магнитоэлектрических датчиков магнитного поля для ракетно-космической техники

Петрова А.Р.
МАИ, г. Москва

Использование перспективных магнитоэлектрических материалов, используемых в качестве чувствительного элемента для датчиков магнитного поля в приборостроении, представляют значительный интерес, и является актуальной темой для аэрокосмической техники. Прямой магнитоэлектрический (МЭ) эффект заключается в индуцировании электрической поляризации в МЭ материале во внешнем магнитном поле. Такой эффект позволяет разработать:

• Датчики магнитного поля,
• Датчики тока,
• Датчики положения,
• Датчики вибрации,
• Энергохарвестеры и пр.

Материалы с МЭ эффектом часто относят к так называемым функциональным материалам, благодаря которым можно разрабатывать принципиально новые конструкторские решения и технологии в различных отраслях авиакосмической и ракетной техники, приборостроении, энергетики и медицины. Преимуществами таких материалов перед традиционными на эффекте Холла являются высокая радиационная стойкость, высокая чувствительность, отсутствие специальных концентраторов магнитного поля, что даёт малые габариты и массу изделий.

Наибольший эффект применение МЭ материалов может дать в качестве датчиков магнитного поля. Такие датчики имеют чувствительность к магнитному полю порядка 10 пТл и лишь незначительно уступают приборам SQUID, но не требуют массивной и энергозатратной охлаждающей системы. МЭ датчики магнитного поля могут применяться для изучения магнитных полей солнца, планет, спутников и астероидов, магнитных потоков и плазменных образований. Другим перспективным направлением также может быть исследование возможности применения в качестве диагностирующей аппаратуры для космических аппаратов (КА). Известно, что отдельные узлы аппарата имеют определённую величину магнитного поля, и отклонение от нормы этого поля будет говорить о неисправности этого узла. Датчики магнитного поля вполне могут быть использованы в качестве детекторов других КА или ракет. Не менее перспективным направлением могло бы стать применение МЭ материалов для датчиков положения. Многие механические узлы КА требуют контроля за их положением и перемещением и соответственно датчиков, которые это положение отслеживают. МЭ датчики могут применяться и для контроля за отстыкованными или отсоединяемыми частями аппаратов. В электронной части КА и ракет эффективно могут быть применены МЭ датчики тока, обладающие существенными преимуществами перед используемыми магниторезистивными схемами и схемами на датчиках Холла. Применение МЭ датчиков будет способствовать увеличению надёжности КА.

Prospects of magnetoelectric magnetic field sensors application for the missile and space equipment

Petrova A.R.
MAI, Moscow

The new promising magnetoelectric materials which are used as a sensing element for magnetic field sensors in instrument-making industry is a very interesting and relevant topic for aerospace engineering. Direct magnetoelectric (ME) effect is the induction of electric polarization in the ME material in an external magnetic field. This effect allows to develop the following devices:

• Magnetic field sensors,
• Current sensors,
• Position sensors,
• Vibration sensors,
• Energy harvesters, etc.

Materials with ME effect are often classified as functional materials that are used in principal new design solutions and technologies for high-tech industries such as different branches the missile and space equipment, instrument-making industry, power engineering and medicine. ME devices have advantages over Hall effect devices such as high radiation resistance, high sensitivity, as well as for me materials do not need special magnetic field concentrators, which gives small dimensions and weight of such devices.

The application of ME materials as magnetic field sensors can give the best effect.

Such sensors have the sensitivity to the magnetic field of the order of 10 pT and only slightly inferior to SQUID devices, but do not require a massive and energy-consuming cooling system. ME magnetic field sensors can be used to study the magnetic fields of the Sun, planets, satellites and asteroids, magnetic fluxes and plasma formations. Another promising direction research may also be the using as a diagnostic equipment for spacecraft. Since separate units of the spacecraft have a predetermined magnetic field, the deviation from the norm of this field will indicate a malfunction of this unit. ME magnetic field sensors may well be used as proximity detectors for other spacecraft or missiles. Another promising direction could be the use of ME materials for the development of position sensors. Many mechanical components of the spacecraft require monitoring of their position and movement and sensors that oversees this position, accordingly. ME sensors can be used to monitor undocked or disconnected parts of the spacecraft. ME current sensors having significant advantages over the used magnetoresistive circuits and circuits on Hall sensors can be effectively used in the electronic part of the spacecraft and missiles. The use of ME sensors will increase the spacecraft reliability.

Применение синтактических углеродных пен в качестве теплозащиты узлов авиационной и космической техники

Пономарева Д.В., Тимощук Е.И., Данилов Е.А., Самойлов В.М.
НИИграфит, г. Москва

Повышение эффективности авиационных и ракетных двигателей является одним из актуальных вопросов развития авиационной и космической техники [1]. Данную проблему возможно решить благодаря внедрению углеродных композиционных материалов (УКМ), которые обладают высокой термостойкостью, регулируемым коэффициентом теплопроводности и устойчивостью к циклическим температурным колебаниям. К данному классу материалов относятся синтактические углеродные пены, которые отличаются высокой пористостью.

Преимуществами композиционных материалов на основе углеродных пен перед материалами других классов являются:

• Низкий удельный вес (кажущаяся плотность – 0,1-1,0 г/см3);

• Высокая термическая устойчивость (до 3000 °С в инертной среде);

• Низкий коэффициент термического расширения (КТР) (2 – 7×10-6 К-6);

• Возможность регулирования теплофизических свойств, например, коэффициента теплопроводности (0,1 - 150 Вт/м•К).

Вышеперечисленные особенности обусловлены специфической структурой углеродных пен и позволяют использовать данные материалы как для высокотемпературной изоляции, так и для теплоотводящих систем, при этом при использовании углеродных пен в качестве теплоизоляции, данный класс материалов комбинируют с керамическими композиционными материалами (ККМ), создавая сэндвич-композит, у которого внешний слой – ККМ. Применение теплоотводящих компонентов на основе углеродных пен с высоким коэффициентом теплопроводности позволяет отводить и распределять тепло от наиболее нагретых элементов оболочки, снижая тем самым тепловую нагрузку [2].

Анализ научно-технической литературы показал перспективность применения углеродных пен в конструкции возвращаемых космических и гиперзвуковых летательных аппаратов.

Литература:

1. Копылов А. В. Анализ воздействия климатических факторов на конструкции ракетных и авиационных двигателей из теплозащитных высокотемпературных углеродных композиционных материалов с покрытиями / Копылов А. В. и др. // Тезисы научно-практического семинара «Проблемы авиационного двигателестроения». – Москва. – 2015. – с.11-12.

2. Duston C. Strength enhancement and application development of carbon foam for thermal management / C. Duston et.al // Ceramic Composites Inc., Millersville, MD USA, 2004;

A903164. USAF/ML, SBIR contract number: F33615-03-M-5039 and U.S. Department of Energy grant: DE-FG02- 03ER83627

The use of syntactic carbon foams as a thermal protection of aviation and space equipment units

Ponomareva D.V., Timoshchuk E.I., Danilov E.A., Samoylov V.M.
NIIgrafit, Moscow

Increasing the efficiency of aviation and rocket engines is one of the topical issues in the development of aviation and space technology [1]. This problem can be solved through the introduction of carbon composite materials (CCM), which have high thermal stability, adjustable thermal conductivity and resistance to cyclic temperature fluctuations. To this class of materials are syntactic carbon foams, which are characterized by high porosity.

Advantages of composite materials based on carbon foams in front of materials of other classes materials are:

• Low specific weight (apparent density - 0.1-1.0 g / cm3);

• High thermal stability (up to 3000 °C in an inert medium);

• Low coefficient of thermal expansion (CTE) (2 - 7 × 10-6 K-6);

• The possibility of regulating thermophysical properties, for example, the coefficient of thermal conductivity (0.1 - 150 W/m•K).

The above features are due to the specific structure of carbon foams and allow the use of these materials for both high temperature insulation and heat sink systems, while using carbon foams as thermal insulation, this class of materials is combined with ceramic composite materials (CMC), creating «sandwich»-composite, in which the outer layer - CMC. The use of heat-removing components based on carbon foams with a high coefficient of thermal conductivity makes it possible to divert and distribute heat from the most heated elements of the shell, thereby reducing the thermal load [2].

Analysis of scientific and technical literature has shown the promise of using carbon foam in the design of the returned space and hypersonic aircraft.

References:

1. Kopylov A.V. Analysis of the impact of climatic factors on the design of rocket and aircraft engines from heat-protective high-temperature carbon composite materials with coatings / Kopylov A.V. et al. / / Theses of the scientific and practical seminar "Problems of aircraft engine construction." - Moscow. - 2015. - p.11-12.

2. Duston C. Strength enhancement and application development of carbon foam for thermal management / C. Duston et.al // Ceramic Composites Inc., Millersville, MD USA, 2004; A903164. USAF/ML, SBIR contract number: F33615-03-M-5039 and U.S. Department of Energy grant: DE-FG02- 03ER83627.

Методика определения типа сплава

Савостин Д.С., Савостин Д.С., Юдаев С.В.
МАИ, г. Москва

В некоторых ситуациях возникает необходимость выяснить, с каким сплавом мы имеем дело. Это может быть как историческая находка, так и проверка качества покупаемого товара. Для определения типа, класса и свойств материалов и сплавов существуют различные методы в зависимости от поставленной задачи. В данной работе для определения типа сплава было решено исследовать образец, вырезанный из прутка предположительно алюминиевого сплава.

В первую очередь был проведён рентгенофазовый анализ позволивший выявить фазовый состав, исследуемого сплава. Результат показал, что фазовый состав представлен твердым раствором на основе алюминия с небольшим содержанием оксида алюминия, а также тройной фазой алюминия, марганца и меди. Можно предположить, что данный образец относиться к алюминиевым жаропрочным сплавам системы алюминий-медь-марганец.

Следующим шагом было решено провести микроструктурный анализ поверхности образца. Структура образца представлена твёрдым раствором на основе алюминия и тройной фазой алюминия, меди и марганца, что согласовывается с результатами рентгенофазового анализа.

Твердость алюминиевых сплавов данной системы легирования в необработанном состоянии должно составлять около 30 ед. HRB, и проведение исследований по определению твёрдости могло бы косвенно подтвердить принадлежность образца к алюминиевым сплавам данного класса или выявить следы термической или механической обработки. Результат показал значение примерно равное 73 ед. HRB. Так как рентгенофазовый анализ выявил принадлежность сплава к тройным системам алюминий-медь-марганец в образце, то наиболее вероятно, что образце был подвержен упрочняющей обработке.

Последним этапом в исследовании образца стал рентгенофлуоресцентный анализ, проведённый для определения химического состава и подтверждения полученных ранее данных. Его результат показал наличие в образце 94.03% алюминия, 4.78% меди, 0.94% марганца, 0.15% железа, 0.04% титана, 0.02% олова и 0.02% цинка (выше указаны массовые проценты). Согласно ГОСТ 4784-97 и ГОСТ 1583-93, а также проведенному исследованию можно сделать вывод, что рассматриваемый сплав относится к классу высокопрочных, жаропрочных, литейных алюминиевых сплавов и имеет марку АМ5(АЛ19).

Подводя итог, стоит отметить, что в настоящее время не существует универсальной методики определения всего спектра физико-химических параметров материала. Однако при комплексном подходе и комбинировании различных методик изучения материала можно получить наиболее полное представление о нем.

Method of determining the type of alloy

Kachaykina E.S., Savostin D.S., Yudayev S.V.
MAI, Moscow

In some situations, there is a need to find out which alloy we are dealing with. It can be both a historical find, and quality control of the purchased goods. There are various methods for determining the type, class and properties of materials and alloys, depending on the task. In this work, to determine the type of alloy, it was decided to examine a sample cut from a rod of an allegedly aluminum alloy.

First, an X-ray phase analysis was carried out that allowed us to reveal the phase composition of the alloy under study. The result showed that the phase composition is represented by a solid solution based on aluminum with a low content of aluminum oxide, as well as a ternary phase of aluminum, manganese and copper. It can be assumed that this sample refers to aluminum superalloys of the Al-Cu-Mn system.

The next step was to conduct a microstructural analysis of the sample surface. The sample structure is represented by a solid solution based on aluminum and a ternary phase of aluminum, copper and manganese, which is consistent with the results of x-ray phase analysis.

The hardness of the aluminum alloys of this alloying system in the untreated state should be about 30 units HRB, and conducting research to determine the hardness could indirectly confirm the sample's belonging to aluminum alloys of this class or reveal traces of thermal or mechanical processing. The result showed a value of approximately 73 units HRB. Since X-ray phase analysis revealed that the alloy belongs to Al-Cu-Mn ternary systems in the sample, it is most likely that the sample was subjected to hardening treatment.

The last step in the study of the sample was the X-ray fluorescence analysis, conducted to determine the chemical composition and confirm the previously obtained data. His result showed the presence in the sample of 94.03% aluminum, 4.78% copper, 0.94% manganese, 0.15% iron, 0.04% titanium, 0.02% tin and 0.02% zinc (mass percentages are indicated above). According to GOST 4784-97 and GOST 1583-93, as well as the study, we can conclude that the alloy under

consideration belongs to the class of high-strength, heat-resistant, cast aluminum alloys and is AM5(AL19).

Summing up, it is worth noting that at present there is no universal method for determining the entire spectrum of physicochemical parameters of a material. However, with an integrated approach and a combination of different methods of studying the material, you can get the most complete picture of it.

Технологические особенности использования сотового заполнителя в авиационных изделиях при укладке на криволинейные поверхности

Серебряков А.В., Степанов Н.В.
ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина, г. Обнинск

Трёхслойные сотовые конструкции с обшивками из полимерных композиционных материалов (ПКМ) и сотовым заполнителем из алюминиевой фольги получили широкое распространение в изделиях аэрокосмической промышленности. Все чаще трехслойные или сэндвич-панели используются в деталях формирующих аэродинамические поверхности летательных аппаратов [1]. Подобные изделия зачастую имеют зоны с повышенной кривизной и требуют к себе повышенного внимания при установке сотового заполнителя, обладающего анизотропностью свойств и склонностью к искажению структуры при искривлении, не исключающей разрывов фольги [2].

В работе представлены экспериментальные исследования влияния степени искривления сотовой структуры на возникновение дефектов в заполнителе. Показаны параметры сотовых заполнителей, оказывающих влияние на возникновение разрывов ячеек, а также представлен метод, позволяющий уменьшить зависимость возникновения дефектов от кривизны в зоне установке заполнителя.

Исследования проводились на образцах сотовой структуры с шестигранной ячейкой.

В ходе исследований образцы сотового заполнителя подвергались формообразованию на цилиндрических поверхностях различного диаметра, проводилось изучение дефектов, возникающих в ходе придания образцам криволинейной формы.

В зависимости от высоты сотового заполнителя и кривизны формообразующей поверхности в сотовой структуре появлялись дефекты формы ячеек, разрушение клеевого соединения и разрывы фольги.

В работе предлагается метод формообразования сотового заполнителя, направленный на снижение количества дефектов в сотовой структуре. Отмечено, что указанные выше дефекты при использовании нового метода появляются в зонах с большей кривизной, чем при стандартных способах формообразования.

Литература:

1. Е.А. Вешкин, В.И. Постнов, П.А. Абрамов Пути повышения качества деталей из ПКМ при вакуумном формовании. – Самара.: «Известия Самарского научного центра Российской академии наук», 2012, т.14, №4(3).

2. А.В. Гайдачук, М.В. Сливинский Технологические дефекты сотовых конструкций из полимерных композиционных материалов. «Авиационно-космическая техника и технология», 2005, №4 (20), с. 5-8.

Technological characteristics of using honeycomb core in aviation products with curved surface layup

Serebryakov A.V., Stepanov N.V.
ORPE "Technologiya" named after A. G. Romashin, Obninsk

Honeycomb sandwich structures with polymer composite (PCM) skins and aluminum foil honeycomb core are widely used in airspace products. Sandwich panels are increasingly used in the parts that form aircraft aerodynamic surfaces [1]. Such products often have increased curvature areas and require taking much care when arranging honeycomb core having anisotropy and tendency to the structure curving distortion when foil fracture is possible [2].

The work discusses experimental studies of the effect of honeycomb structure curvature degree on defect formation in the core. Parameters of the honeycomb cores affecting the cell fractures are shown as well as a method reducing dependence of defect formation on the curvature in the core arrangement area is presented.

The studies were conducted using hexagonal cell honeycomb structure specimens.

During the studies the honeycomb core specimens were subject to forming on the cylindrical surfaces of various diameters, and the defects appearing when curved specimens are formed were examined.

Depending on the height of the honeycomb core and the curvature of the forming surface in the honeycomb structure there were cell shape defects, adhesive failure and foil fractures.

The work provides a honeycomb core forming method to reduce honeycomb structure defects. It was noted that in the new method the above mentioned defects appeared in higher curvature areas than in conventional forming methods.

References:

1. E.A. Veshkin, V.I. Postnov, P.A. Abramov, Ways to Improve the Quality of Parts Made of PCM in Vacuum Forming, Samara, Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2012, vol. 14, no. 4(3).

2. A.V. Gaidachuk, M.V. Slivinsky, Technological Defects of Polymer Composite Honeycomb Structures, Aerospace Technic and Technology, 2005, no. 4 (20), pp. 5-8.

Методика определения термомеханической диаграмы сплавов с памятью формы при испытаниях напряженных соединений цилиндров в условиях плоской деформации

Серпичева Е.В., Шишкин С.В., Пыхтин А.В.
МАИ, г. Москва

При формировании термомеханических соединений (ТМС) трубопроводов справедлива гипотеза плоской деформации деталей. Поэтому задача работы состояла в разработке методики определения ТМД для напряжённых соединений втулок при условии их плоской деформации, что является принципиально новым.

Эффект памяти формы силового элемента конструкции реализуется как термическое восстановление его размеров в условиях противодействия. Этот процесс моделируется термомеханической диаграммой (ТМД), которая позволяет определить его конечное напряжённое состояние и служит деформационным аналогом силового элемента. Построение ТМД исходит из постулата одновариантности обратного превращения и однозначности реактивных напряжений от величины деформации недовосстановления. Необходимым условием применения ТМД в расчётах является полная идентичность задания и восстановления деформации на образцах и силового элемента узла, так как величина напряжений возврата зависит от вида заданной деформации

Установлены соотношения между механическими и геометрическими характеристиками контактирующих деталей и окружной деформацией их свободных поверхностей при образовании ТМС. Поэтому в основе предложенной методики лежит измерение радиальных перемещений поверхностей тел при различном натяге в ТМС и определении корреляционной зависимости между данными взаимосвязями величин. Ранее была разработана аналогичная методика для соединений колец при условии их плоского напряжённого состояния.

Сравнение полученных экспериментальных данных показало, что для тонкостенных деталей независимо от принятой модели определения расчётных величин кривые достаточно близки друг к другу. Это объясняется тем, что в результате термомеханического возврата отмечается практически свободное восстановление осевого размера силовых цилиндров и колец.

Для тонкостенных деталей распределение реактивных напряжений по радиусу мало отличается от равномерного. Поэтому при соблюдении масштаба подобия стандартная кривая при заданной деформации растяжением также близка к полученным диаграммам.

Это позволяет отказаться от проведения трудоёмких экспериментов и использовать при проектировании ТМС стандартную зависимость, которую определяют при сертификации сплавов.

Method of obtaining thermomechanical analysis diagram for strained connections between cylinders under their planar deformation

Serpicheva E.V., Shishkin S.V., Pykhtin A.V.
MAI, Moscow

As member planar deformation hypothesis is true for forming of thermomechanical connections (TMCs) for pipelines, it was the task of this work to develop a method to find the TMA diagram for strained connections of sleeves under their planar deformations, which is a conceptually new approach.

Shape memory effect of a primary member of a construction manifests itself as thermal recovery of the original dimensions of a material when it is under counteraction. The process in question is modeled by thermomechanical analysis diagram (TMA diagram) that allows finding the finish strained state of the process and is a deformation analog to the primary member. Building a TMA diagram postulates that the reverse transformation is a one-way transformation and reactive strains are uniquely dependent on the incomplete recovery deformation value. The scope of works and the recovery deformation in samples being completely identical with a primary member of a unit is a necessary condition for using a TMA diagram, as the recovery strain value depends on a given deformation type.

Ratios between mechanical and geometrical characteristics of contacting members and the circumferential strains of their free surfaces when forming TMCs have been found. This is why the method proposed is founded on taking measurements of radial motions of surfaces of bodies at various negative allowances in TMCs and finding correlation dependences between those relations between the values. A similar method was developed earlier for planar strain state of connections between rings.

Comparing data found through experiments suggests that curves for thin-walled members were rather similar, regardless of a model of finding of calculated values, which can be attributed to the fact that practically free recovery of axial dimensions is observed in primary cylinders and rings due to thermomechanical return.

Radial distributions of reactive strains in thin-walled members is almost no different from uniform distribution, which is why the standard curve for a given stretch deformation also closely approximates to the diagrams obtained, proved that the similarity scale is maintained. This allows applying the standard dependence to designing TMCs, which is used in certifying alloys, rather than conducting tedious experiments.

Исследование возможности применения стеклоэпоксидных композиций для устройств гигабитной электроники

Скиданова Е.В., Медведев А.М.
МАИ, г. Москва

В производстве электронных устройств, в частности, авионики, достаточно широко используются базовые технологии. Именно на них ориентирована вся индустрия оборудования, базовых и технологических материалов, инструментов. Основным базовым материалом авионики являются стеклоэпоксидные диэлектрики. Их применение в СВЧ-диапазоне ограничено из-за относительно большой диэлектрической проницаемости и потерями сигнала в линиях связи. Поэтому в СВЧ-диапазоне применяют другие хорошо зарекомендовавшие себя высокочастотные диэлектрики. Но их использование выводит производство печатных плат за рамки базовых технологий, т.к. требует организации другого более капиталоемкого производства.

В последнее время рынок стеклоэпоксидных фольгированных диэлектриков предложил новые композиции, отличающиеся улучшенными высокочастотными свойствами. Отсюда возникло желание распространить использование базовых

технологий на электронные СВЧ-устройства с использованием новых материалов. Это потребовало проведения исследований конкретных возможностей использования новых стеклоэпоксидных диэлектриков в высокопроизводительных устройствах авионики

Целью данной работы является определение границ возможностей использования стеклоэпоксидных диэлектриков в СВЧ-диапазоне. Был проведен анализ частотных характеристик стеклоэпоксидных композиций в сопоставлении с характеристиками наиболее часто используемых СВЧ-материалов: политетрофторэтилена, органической керамики и низкотемпературной (LTCC) керамики. По результатам проведенного анализа предложены для использования в СВЧ-диапазоне новые фольгированные стеклоэпоксидные диэлектрики с улучшенными высокочастотными характеристиками. Анализу подверглись основные их параметры: диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь в диапазоне частот до 10 ГГц. Рассмотрено влияние этих параметров на время распространения сигналов и потери в линиях связи. Показано, что диэлектрические свойства новых стеклоэпоксидных композиций приближаются к свойствам политетрафторэтилена, что дает возможность их использования в устройствах гигабитной электроники, т.е. в частотном диапазоне, по крайней мере, до 10 ГГц. Исследовано влияние профиля фольги и, соответственно, скин-эффекта на распространение сигнала в линиях связи.

По результатам исследования доказана принципиальная возможность использования стеклоэпоксидных композиций в качестве базовых материалов печатных плат и базовых технологий их производства для устройств гигабитной электроники.

Research of possibilities of using glass epoxy compositions for gigabit electronics devices

Skidanova E.V., Medvedev A.M.
MAI, Moscow

In the production of electronic devices, in particular, avionics, the so-called basic technologies are widely used. It is on them the whole industry of equipment, basic and technological materials, tools is oriented. The main base material of avionics are glass epoxy dielectrics. Their use in the microwave range is limited due to the relatively high dielectric constant and the signal loss in the communication lines. This is due to the use in the microwave range of other well-proven high-frequency dielectrics. But their use leads to the production of printed circuit boards beyond the basic technologies, because it requires the organization of another more capital-intensive production.

Recently, the market of glass epoxy foil dielectrics has proposed new compositions characterized by improved high-frequency properties. So we have the desire to extend the use of basic technologies to high-frequency electronic devices using new materials. This required carrying out research of possibilities of using new glass epoxy dielectrics in high-performance avionics devices.

The purpose of this work is to determine the boundaries of the possibilities of using glass-epoxy dielectrics in the microwave range. An analysis was made of the frequency characteristics of glass-epoxide compositions in comparison with the characteristics of the most frequently used microwave materials: polytetrafluoroethylene, organic ceramics, and low-temperature (LTCC) ceramics. Based on the results of the analysis, new foil-glass-epoxy dielectrics with improved high-frequency characteristics have been proposed for use in the microwave range. The main parameters were analyzed: the dielectric constant and the tangent of the dielectric loss angle in the frequency range up to 10 GHz. The influence of these parameters on propagation time of signals and losses in communication lines is considered. It is shown that the dielectric properties of new glass epoxide compositions approach the properties of polytetrafluoroethylene, which makes it possible to use them in gigabit electronics devices, i.e. in the frequency range, at least up to 10 GHz. The effect of the foil profile and, accordingly, the skin effect on signal propagation in communication lines is investigated.

Based on the results of the study, the possibility of using glass-epoxy compositions as basic materials of printed circuit boards and basic technologies for their production for gigabit electronics devices was proved in principle.

Автоматизация операций прослеживаемости качества интегральных структур при производстве сверхбольших интегральных схем

Смирнов К.К.
МАИ, г. Москва

Разработка и производство сверх больших интегральных схем (СБИС) предъявляет повышенные требования к их функциональному тестированию и анализу отказов. В связи с функциональным усложнением схем увеличиваются размер функциональных тестов и объемы выходных данных с результатами измерений и прохождения тестов.

В работе приведен пример сбое устойчивого модели хранения результатов измерения со всех технологических операций маршрута изготовления СБИС и приведено описание разработанного языка описания результатов измерений RSTL. Данный формат обеспечивает строгие требования к надежности и типизации данных.

Описан стандартный маршрут изготовления СБИС и приведено решение задачи получения и хранения результатов измерений со всех контрольных операций с их привязкой к номерам сопроводительных листов изделий (СЛИ) и серийным номерам предметов труда (Номер пластины, корпус, технологическая оснастка). Разработанная система позволила объединить и структурировать все результаты измерений и получить к ним единообразный доступ, а также объединить в единое информационное пространство все измерительное оборудование имеющееся на предприятии и его производственных филиалах. При прохождении полупроводниковой пластины или микросхемы по маршруту в системе сохраняются связи между отдельными конструктивными элементами изделия(крышка, кристалл, корпус), что позволяет по серийному номеру конечного изделия проследить весь маршрут его изготовления, проанализировать результаты контролируемых параметров со всех технологических операций, осуществлять корреляционный анализ партий изделий, автоматизированный анализ измеренных параметров на различных этапах производства с целью выявления на ранних этапах потенциально-ненадежных СБИС и внесения корректировок в технологический процесс.

Приведена методика решения задачи разработки кроссплатформенных и вариативных функциональных тестов СБИС, которая позволяет существенно сократить время разработки производственных функциональных тестов и тестовых решений для испытания СБИС на безотказность. Приведено описание разработанного языка STeeL совмещающем в себе возможности прикладного языка программирования и языка описания аппаратуры. Совместное использование разработанного языка с описанной системой для организации прослеживаемости и хранения результатов измерений позволило сократить выполнение сложных вариативных функциональных тестов в которых алгоритм тестирования зависит от результатов измерений с предыдущих контрольных операций.

Automation traceability operations quality integral structures in the manufacture of VLSI

Smirnov K.K.
MAI, Moscow

The development and production of super large integrated circuits(VLSI) places high demands on their functional testing and failure analysis.In connection with the functional complication of the circuits, the size of the functional tests and the volume of the output data with the results of measurements and passing the tests increase. The paper presents an example of the failure of a sustainable model of storing measurement results from all technological operations of the VLSI manufacturing route and a description of the developed language describing measurement results RSTL. This format provides strict requirements for reliability and data typing. The standard route of VLSI manufacturing is described and the solution of the problem of

obtaining and storing measurement results from all control operations with their reference to the numbers of the accompanying sheets of products(SLI) and serial numbers of objects of labor(wafer number, package) is given. The developed system allowed combining and structuring all measurement results and obtaining uniform access to them, as well as integrating all measuring equipment available at the enterprise and its production branches into a single information space.

With the passage of a semiconductor plate or microcircuit along the route, the system maintains the connection between the individual structural elements of the product (crystal, package),which allows the serial number of the final product to trace the entire route of its manufacture, analyze the results of controlled parameters from all technological operations, carry out correlation analysis batches of products, automated analysis of measured parameters at various stages of production in order to identify a potential in the early stages otherwise unreliable VLSI and making adjustments to the process. The method of solving the problem of developing cross-platform and variable functional tests of VLSI, which can significantly reduce the development time of production functional tests and test solutions for testing VLSI for reliability, is given. The description of the developed language STeeL combines the capabilities of an applied programming language and a hardware description language. The combined use of the developed language with the described system for organizing traceability and storing measurement results reduced the implementation of complex variable functional tests in which the testing algorithm depended on the measurement results from previous operations.

Влияние кинетики распада метастабтильной В-фазы на структуру и комплекс механических свойств сплава вт35

Степушин А.С., Орлов А.А., Журбина Е.В.
МАИ, г. Москва

В современной авиационной промышленности повышение эффективности летательных аппаратов достигается за счёт снижения массы конструкций путём замены металлических материалов на композиционные. Однако для соединения различных элементов планера используется крепёжный элемент. Так как детали крепления относятся к ответственным изделиям массового производства, а технология их изготовления является многостадийной, то сплавы должны быть технологичными при комнатной температуре и в тоже время способными к последующему упрочнению при низких температурах. Совокупности этих требований удовлетворяет высокопрочный сплав ВТ35.

Ранее на сплаве ВТ35 показано, что наибольшей технологической пластичностью в 78% он обладает в однофазном В-состоянии. Однако в закалённом состоянии имеет достаточно низкий уровень прочности при растяжении 790 МПа и напряжение среза 575 МПа. Поэтому в данной работе было оценено влияние температуры и продолжительности старения на процесс распада метастабильной А-фазы с разработкой на этой основе режимов термической обработки, обеспечивающей оптимальный комплекс технологических и эксплуатационных свойств.

Старение проводили в интервале температур 475-600С с шагом 25С. Максимальное время изотермической выдержки составило 60 часов. Охлаждение с температур старения проводили на воздухе. О степени распада В-фазы судили по изменению количества частиц А-фазы в структуре, а о степени упрочнения - по изменению твёрдости.

Показано, что в процессе старения при всех температурах распад начинается в интервале от 1 до 5 часов, но протекает с разной интенсивностью. Так старение в интервале температур 475-525С приводит к одинаковому неоднородному распаду β-фазы, но с выделением А-частиц разного размера. Повышение температуры до 600С приводит к резкому торможению процессов распада и укрупнению А-частиц. Максимальная степень однородности и дисперсности структуры обеспечивается после старения при 500 С уже в течение 10 часов. Самый интенсивной прирост твёрдости с 25 до 33-37 ед. HRC после выдержки в течение 10 часов наблюдается у образцов, состаренных в интервале температур 475-525 С.

На заключительном этапе был определен комплекс механических свойств в термически упрочнённом состоянии. Так старение при температуре 475 С обеспечивает прочность порядка 1400 МПа и сопротивление срезу более 800 МПа при удовлетворительной пластичности. Повышение температуры старения до 500С снижает уровень прочности до 1200 МПа и увеличивает почти в 2 раза относительное удлинение

Influence of kinetics of decay of metastable phase on structure and complex of mechanical properties alloy VT35

Stepushin A.S., Orlov A.A., Zhurbina E.V.
MAI, Moscow

In the modern aviation industry, the efficiency of aircrafts is enhanced by reducing the weight of structures by replacing metallic materials with composite ones. However, a fastening element is used to connect the various elements of the glider. Since the fastening parts are responsible for mass production, and the technology of their manufacture is multi-stage, the alloys must be technologically at room temperature and at the same time capable of subsequent hardening at low temperatures. The set of these requirements is satisfied by a high-strength alloy VT35.

Previously, VT35 alloy showed that it possesses the greatest technological plasticity in 78% in a single-phase B-state. However, in the quenched state, it has a sufficiently low tensile strength of 790 MPa and a shear stress of 575 MPa. Therefore, in this paper, the effect of the temperature and the duration of aging on the decay of the metastable A phase was evaluated with the development on this basis of heat treatment regimes providing an optimal set of technological and operational properties.

Aging was carried out in the temperature range 475-600C in increments of 25C. The maximum isothermal exposure time was 60 hours. Cooling with aging temperatures was carried out in the air. The degree of B-phase decay was judged by the change in the number of A-phase particles in the structure, and the hardening degree by the change in hardness.

It is shown that in the course of aging at all temperatures, the decay begins in the interval from 1 to 5 hours, but proceeds with different intensities. So aging in the temperature range 475-525C leads to the same non-uniform decay of the β-phase, but with the release of A-particles of different sizes. An increase in temperature to 600°C leads to a sharp deceleration of the decay processes and the coarsening of the A-particles. The maximum degree of homogeneity and dispersion of the structure is ensured after aging at 500 C for 10 hours. The most intensive increase in hardness from 25 to 33-37 units. HRC after aging for 10 hours is observed in samples aged in the temperature range 475-525°C.

At the final stage, a set of mechanical properties was determined in the thermally strengthened state. So aging at a temperature of 475 C provides strength of about 1400 MPa and a shear resistance of more than 800 MPa with satisfactory plasticity. Increasing the aging temperature to 500C reduces the strength level up to 1200 MPa and increases almost 2 times the elongation.

Прогрессивные технологии коммутации фотопреобразователей космического назначения в производстве солнечных батарей

[1]Тарасов В.И., [2]Слабиков Б.А., [2]Григорьева И.В., [1]Садковский Б.П.
[1]МАИ, [2]НПП «Квант», г. Москва

Современные предприятия России, специализирующиеся на изготовлении и сборке панелей солнечных батарей космического назначения, сталкиваются с проблемой качества коммутации фотоэлементов с токовыводящими контактами.

Целью данной работы является создание инновационной технологии сварки серебряных контактных шинок к серебряному и золотому покрытию контактных площадок фотоэлементов из кремния и арсенида галлия, на предприятии АО «НПП«Квант».

АО «НПП «Квант» специализируется на изготовлении солнечных источников питания, технологии изготовления которых за последнее время мало чем изменились.

В данной работе предусмотрено перевооружение сварочных постов сборочных участков: машины контактной микросварки (МКС) расщепленным электродом заменяются на машины ультразвуковой микросварки (УЗС). При контактной сварке расщепленным электродом, процесс происходит при определенном токе, подающемся на конкретную площадь рабочей части электрода, который имеет пирамидальную форму торца. Для того, чтобы не происходило окисления свариваемой зоны, в область рабочей поверхности электрода подается поддув аргона. При образовании окисной пленки на электроде возрастает сопротивление «электрод-деталь» и, при сварке фотоэлементов, происходит перегрев деталей, в результате чего ухудшается качество адгезии серебряного покрытия на стеклянной подложке или снижаются физические характеристики ФП после сварки. Это происходит из-за термо-ударов и ряда факторов касающихся установок МКС, так как имеющееся оборудование имеет педальный привод с не полной синхронизацией дозировщика и сложно в обслуживании. Так же на качество работы влияет процесс изготовления, хранения и обращения с коммутационными шинами из серебряной фольги 0,03 мм. Во избежание ухудшения свариваемости, серебряные детали в процессе обращения в производстве, должны тщательно охраняться от механических загрязнений и от длительного воздействия сероводорода и других сернистых соединений, находящихся в окружающей атмосфере.

При транспортировке готовой секции с предприятия изготовителя до околоземной орбиты, секция должна отличаться высокой стойкостью соединения при вибрационных и инерционных нагрузках, а при работе в космосе стойкостью к термоциклированию (от минус 100 0С до плюс 200 0С ежедневно). Изменение физики коммутационного процесса позволит избежать ряда проблем, связанных с производством ФП на предприятии. При УЗС, процент брака существенно ниже, чем при контактной сварке расщепленным электродом, вследствие снижения окислительных процессов на поверхности контактов. Процессы УЗС характеризуются малым потреблением мощности оборудования, меньшей изнашиваемостью электродов. Во время УЗС, на поверхности элементов происходит деформация поверхностных пленок, вследствие чего качество диффузии значительно возрастает. Сварка осуществляется в твердой фазе, без существенного нагрева элементов.

Таким образом, эффективность данной работы заключается в уменьшении финансовых и временных затрат при сборке ФП. Переход с машин контактной сварки на УЗС позволит не только повысить стабильность качества сварки и полностью исключить влияние исполнителя, но и осуществит ряд автоматизированных процессов по сборке солнечных батарей.

Progressive technologies of switching of photoconverters of space appointment in production of solar batteries

[1]Tarasov V.I., [2]Slabikov B.A., [2]Grigor'eva I.V., [1]Sadkovsky B.P.
[1]MAI, [2]NPP “Kvant”, Moscow

Modern enterprises of Russia, specializing in the manufacture and assembly of solar panels for space purposes, face the problem of quality switching of solar cells with current-carrying contacts.

The purpose of this work is to create an innovative technology of welding silver contact pins to silver and gold coating of contact pads of solar cells from silickon and gallium arsenide, at the enterprise of JSC "NPP"Kvant".

JSC " NPP "Kvant" specializes in the manufacture of solar power sources, the manufacturing technology of which has changed little in recent years.

This work provides for the re-equipment of welding stations of assembly sites: contact micro welding machines (MWM) with a split electrode are replaced by ultrasonic micro welding machines (UMW). When contact welding with a split electrode, the process occurs at a certain current supplied to a specific area of the working part of the electrode, which has a pyramidal

shape of the end. In order to avoid oxidation of the welded zone, argon is supplied to the region of the working surface of the electrode. In the formation of the oxide film on the electrode increases the resistance of the "electrode-part" and, while welding the solar cells, is overheating the parts, which deteriorates the quality of the adhesion of the silver coating on the glass substrate or decrease the physical characteristics of photoconverter after welding. This is due to thermal shock and a number of factors related to the ISS installations, as the available equipment has a pedal drive with not full synchronization of the dispenser and is difficult to maintain. The quality of work is affected by the manufacturing process, storage and handling of switching tires from the silver foil of 0.03 mm. In order to avoid deterioration of the weldability, of the silver parts in the process of handling in manufacture, must be protected from mechanical impurities and from exposure to hydrogen sulfide and other sulfur compounds present in the ambient atmosphere.

When transporting the finished section from the manufacturer to the near-earth orbit, the section should be highly resistant to vibration and inertial loads, and when working in space resistance to thermal cycling (from -100 0C to +200 0C daily). Changing the physics of the switching process will avoid a number of problems associated with the production of photoconverter in the enterprise. In MWM, the scrap rate is significantly lower than in contact welding with a split electrode, due to the reduction of oxidative processes on the contact surface. The processes of ultrasonic welding are characterized by low power consumption of equipment, less wear of electrodes. During the ultrasound, the surface of the elements is deformed surface films, whereby the quality of diffusion increases significantly. Welding is carried out in the solid phase, without significant heating of the elements.

The effectiveness of this work is to reduce the financial and time costs in the Assembly of the photoconverters. The transition from the machines of contact welding to the UMW will not only improve the stability of the welding quality and completely eliminate the influence of the contractor, but also carry out a number of automated processes for the assembly of solar panels.

Технология контроля микроотверстий в печатных платах на базе дифракционного метода

Тартачная Д.С., Федотикова М.В.
МАИ, г. Москва

Микроминиатюризация приборных комплексов систем управления авиационной и ракетно-космической техники сопровождается созданием миниатюрных блоков обработки информации на базе печатного монтажа. В производстве современных печатных плат участвуют устройства для сверления отверстий диаметром порядка сотен мкм. Проблема усложняется не только в связи с износом режущего инструмента, но и с нестабильностью характеристик материалов для изготовления печатных плат, в частности, стеклотекстолита.

Целью данной работы является разработка технологии контроля микроотверстий в печатных платах на базе дифракционного метода контроля и распознавания производственных дефектов.

Проблема осложняется тем, что в современных печатных платах аспектное отношение длины отверстия к его диаметру $l/d<<1$. Это потребовало тщательного теоретического и экспериментального исследования условий формирования дифракционной структуры, имеющей место при освещении отверстия когерентным монохроматическим излучением.

Установлена возможность оценки дифракционным методом контроля диаметров и форм отверстий порядка 100…200 мкм в стеклотекстолите по параметрам периферийных максимумов дифракционной структуры на выходе отверстия при последовательном зондировании торцев каждого отверстия, регистрации и обработки специальным программным обеспечением.

Исследована взаимосвязь перераспределения интенсивности в дифракционной структуре от типа дефекта производственного характера или дефекта материала печатной платы.

Получены математические модели структур дифракционных картин при наличии дефектов типа заусенец, скол и огранка. Установлено соответствие с экспериментальными структурами. Разработаны алгоритмы выявления и распознавания типовых дефектов по структуре дифракционной картины от отверстия. Это позволяет обеспечивать качество микроотверстий в печатных платах не на этапе разбраковки, а путем управления технологическим процессом сверления.

The technology of micro-holes control in printed-circuit boards based on the diffraction method

Tartachnaya D.S., Fedotikova M.V.
MAI, Moscow

Microminiaturization of instrumentation for control systems of aviation and rocket and space technology is accompanied by the creation of miniature blocks of information processing on the basis of printed mounting. In the production of modern printed circuit boards, are used for drilling holes with a diameter of the order of hundreds of microns. The problem is complicated not only in connection with the wear of the cutting tool, but also with the instability of the characteristics of materials for the manufacture of printed circuit boards, in particular, glass-textolite.

The purpose of this work is to develop a technology for control micro-holes in printed circuit boards based on the diffraction method of controling and recognizing manufacturing defects.

The problem is complicated by the fact that in modern printed circuit boards the aspect ratio of the length of the hole to its diameter is $l / d << 1$. This required a careful theoretical and experimental study of the conditions for the formation of the diffraction structure that occurs when the hole is illuminated by coherent monochromatic radiation.

The possibility of evaluating the diameters and shapes of holes of the order of 100 ... 200 μm in a glass fiber sheet by the parameters of the peripheral maxima of the diffraction structure at the outlet of the aperture has been established by the diffraction method, and the probes of each hole are sequentially probed, recorded and processed with special software.

It has been established that the diameter and shape of the holes can be estimated by the diameters control diffraction method in the order of 100 ... 200 μm in glass-fiber glass by the parameters of the peripheral maxima of the diffraction structure at the outlet of the hole with successive sounding of the ends of each hole.

The relationship between the redistribution of intensity in the diffraction structure from the type of production defect or the defect of the printed circuit board material was investigated.

Mathematical models of the structures of diffraction patterns in the presence of defects such as burrs, chips and cuts were obtained. Correspondence with experimental structures from defects. Algorithms for creating and recognizing typical defects in the structure of the diffraction pattern from holes. This makes it possible to ensure the quality of micro-holes in printed circuit boards not at the stage of sorting, but by controlling the drilling process.

Технологические возможности применения поворотных индуктосинов в системах управления авиационной и ракетно-космической техники

Федотикова М.В.
МАИ, г. Москва

Датчики первичной информации во многом определяют эффективность информационно-измерительных систем современных систем управления авиационной и ракетно-космической техники в части ее надежности, быстродействия, точности. При этом требования, касающиеся микроминиатюризации, снижения массогабаритных характеристик становятся все более жесткими. Решение проблем за счет применения микромеханических устройств в качестве датчиков первичной информации не всегда себя оправдывают в связи с рядом возникающих при этом проблем технологического и экономического характера на промышленных предприятиях.

Одним из направлений современного развития датчиков первичной информации видится совершенствование известных конструктивных решений за счет применения новых для этих датчиков производственных технологий.

К числу наиболее точных преобразователей угловых перемещений относятся поворотные индуктосины, обеспечивающие точность порядка нескольких угловых секунд. При этом хорошо зарекомендовавшие себя индуктосины как бесконтактные датчики угловых перемещений в промышленных системах автоматического управления и устройствах станков с ЧПУ не находят широкого применения в системах управления авиационной и ракетно-космической техники.

Переход на новые печатные технологии изготовления обмоток индуктосинов способствует снижению трудоемкости и себестоимости, а также значительному уменьшению их массогабаритных характеристик при сохранении всех остальных технических характеристик, представляющих несомненный интерес для авиационной и ракетно-космической техники.

В докладе на основании анализа литературных источников и патентной информации приводится классификация конструктивных решений индуктосинов, анализируются варианты технологических процессов изготовления печатных обмоток. Особое внимание уделено технологии лазерного напыления проводников. Предлагается алгоритм расчета индуктосинов, параметры которых соответствуют современным требованиям к датчикам первичной информации систем управления авиационной и ракетно-космической техники.

Technological opportunities of application of rotary inductosins in control systems of aeronautical and rocket-space technique

Fedotikova M.V.
MAI, Moscow

Sensors of primary information in many respects determine the effectiveness of information-measurement systems of modern control systems of aviation and rocket-space technology in terms of its reliability, speed, accuracy. At the same time, the requirements regarding microminiaturization and the reduction in mass-dimension characteristics are becoming increasingly stringent. Solving problems through the use of micromechanical devices as sensors of primary information does not always justify itself in connection with a number of technological and economic problems that arise in this case in industrial enterprises.

One of the directions of the modern development of primary information sensors is the improvement of known design solutions through the use of new technologies for these sensors.

Among the most accurate transducers of angular displacements are rotary inductosins, which ensure accuracy of the order of several angular seconds. At the same time, well-proven inductosins as non-contact angle sensors in industrial automatic control systems and CNC machine tools do not find wide application in the control systems of aviation and rocket-space technology.

The transition to new printing technologies for the manufacture of windings inductosins helps to reduce labor intensity and cost, as well as a significant reduction in their weight and size characteristics while maintaining all other technical characteristics of undoubted interest for aviation and rocket-space technology.

In the report, based on the analysis of literature sources and patent information, classification of constructive solutions of inductosins is given, variants of technological processes for manufacturing printed windings are analyzed. Particular attention is paid to the technology of laser deposition of conductors. The algorithm for calculating inductosins is proposed, the parameters of which correspond to modern requirements for primary information sensors of control systems for aviation and space-rocket vehicles.

Восстановление и повышение прочностных характеристик соединительных узлов цилиндрических корпусных конструкций летательных аппаратов

Феоктистов В.А.
МАИ, г. Москва

Технология ультразвуковой обработки может существенно повысить срок службы соединительных узлов цилиндрических корпусных конструкций летательных аппаратов, а так же увеличить их прочностные характеристики путем воздействия мощных ультразвуковых колебаний.

Качество поверхностного слоя оказывает большое влияние на усталостные явления, трение, износ и другие характеристики. В процессе ультразвуковой обработки инструмент пластически деформирует поверхностный слой металла. При этом температура в зонах контакта инструмента и обрабатываемой поверхности не превышает 100°С .

Результатом ультразвукового поверхностно пластического деформирования является:

Увеличение микротвердости поверхностного слоя. Которое происходит благодаря увеличению плотности дислокаций.

Выглаживание поверхности, убираются задиры и раковины на поверхности металла. Происходит уменьшение высоты неровностей в следствии чего уменьшается возможность возникновения усталостных трещин на поверхности детали. Как следствие увеличивается предел усталостной прочности.

Улучшение поверхностного слоя металла при поверхностно пластинчатом деформировании ультразвуковыми колебаниями, снижение шероховатости, увеличение микротвердости, снятие усталостных напряжений ведут к увеличению изностойкости.

Так же результатом ультразвуковой обработки является повышение герметичности резьбовых и других соединений.

Эксперименты показали, что еще одним эффектом ультразвуковой обработки является увеличение предела прочности на растяжение.

Описанные выше эффекты могут увеличить срок службы соединительных узлов цилиндрических корпусных конструкций летательных аппаратов и повысить их прочностные характеристики.

Recovery and enhancement of strength characteristics of connecting units of cylindrical hull structures of aircrafts

Feoktistov V.A.
MAI, Moscow

The technology of ultrasonic treatment can significantly increase the service life of the connecting nodes of cylindrical hull structures of aircraft, as well as increase their strength characteristics by the action of powerful ultrasonic vibrations.

The quality of the surface layer has a great influence on fatigue phenomena, friction, wear and other characteristics. In the process of ultrasonic processing the instrument plastically deforms the surface layer of the metal. The temperature in the areas of contact of the tool and the surface being treated does not exceed 100 ° C.

The result of ultrasonic surface plastic deformation is:

Increased microhardness of the surface layer. Which occurs due to an increase in the density of dislocations.

Smoothing the surface, cleaned and teased shells on the metal surface. There is a decrease in the height of irregularities, which reduces the possibility of fatigue cracks on the surface of the part. As a consequence, the fatigue strength increases.

The improvement of the surface layer of the metal with surface-plate deformation by ultrasonic vibrations, a decrease in roughness, an increase in microhardness, the removal of fatigue stresses lead to an increase in iznostoykost.

Also, the result of ultrasonic treatment is increased tightness of threaded and other connections.

Experiments have shown that another effect of ultrasonic treatment is an increase in tensile strength.

The effects described above can increase the service life of the connecting nodes of the cylindrical hull structures of aircraft and increase their strength characteristics.

Разработка конструкции узла аэрокосмического назначения с учетом технологических ограничений

Шапошников С.Н., Куркин Е.И., Спирина М.О., Макурин Н.М.
Самарский университет, г. Самара

При проектировании пространственных конструкций аэрокосмического назначения необходимо учитывать ограничения, налагаемые как характеристиками материала и технологией изготовления, так и процессом установки изделия. В работе описана методика разработки конструкции узла аэрокосмического назначения с учетом ограничений и применением топологической и параметрической оптимизации, многоуровневого подхода. В качестве типового соединительного узла выбран узел, состоящий из кронштейна, термоплаты и устанавливаемого на них прибора. Максимальные нагрузки, действующие на выбранный узел, назначены в соответствии с перегрузками, возникающими на всех этапах эксплуатации изделия.

Для получения силовой схемы конструкции применена топологическая оптимизация в модуле ANSYS Topology Optimization. Создано тело переменной плотности с учетом закреплений и приложенных нагрузок. Из тела переменной плотности удалена часть материала для обеспечения доступа к болтам с учетом формы ключа. Результаты топологической оптимизации обработаны в программах Geomagic Studio и переведены в твердотельную модель в SolidWorks. Кронштейн изготовлен из короткоармированных материалов методом инжекционного литья. Определены основные конструктивно-технологические решения, учитывающие особенности технологии изготовления из перспективных композиционных материалов. Силовые элементы конструкции размещены таким образом, чтобы иметь возможность извлекать полученную деталь из двух половинок литьевой формы. Для уточнения толщин стенок кронштейна использована параметрическая оптимизация. В системе ANSYS проводится расчет напряженно-деформированного состояния соединительного узла аэрокосмического назначения в процессе его эксплуатации. Система DIGIMAT подключается к ANSYS и позволяет определять свойства материала в каждом конечном элементе модели в зависимости от определенной при исследовании литья ориентации армирующих волокон и построенной ранее по результатам экспериментов модели анизотропного материала. Для снижения напряжений в местах крепления кронштейна поставлены металлические втулки. Определена наиболее эффективная форма втулок и толщина подошвы кронштейна. Для снижения напряжений в подошвах, вызванных моментами от реакций в ребрах и стенках, последние были максимально смещены к местам крепления. Это привело к снижению напряжения в стенках, что позволило уменьшить ее ширину.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-60093 мол_а_дк.

Development of a design for an aerospace unit, taking into account technological limitations

Shaposhnikov S.N., Kurkin E.I., Spirina M.O., Makurin N.M.
Samara University, Samara

To design the aerospace structures, it is necessary to take into account the limitations imposed by both the characteristics of the material and the manufacturing technology, the installation process of the product. In this paper, a technique for developing an aerospace structure design with allowance for constraints and applying topology and parametric optimization, a multilevel approach was described. As a typical connecting unit, a unit consisting of a bracket, a thermoplate and a device mounted on them was chosen. The maximum loads

acting on the selected unit were assigned in accordance with the overloads occurring at all stages of the product operation.

To obtain the power circuit of the design, topologyl optimization was applied in the ANSYS Topology Optimization. A body of variable density was created taking into account fastenings and applied loads. From the project area, a part of the material was removed to provide access to the bolts taking into account the shape of the key. The results of topology optimization were processed in Geomagic Studio and transferred to a solid model in SolidWorks. The bracket was made of short-reinforced materials by injection molding. The main design and technological solutions that take into account the features of the manufacturing technology from composite materials were determined. The power components of the structure were arranged in such a way as to be able to extract the resulting part from the two parts of the injection mold. To refine the thickness of the walls of the bracket, parametric optimization was used. In the ANSYS the stress-strain state of an aerospace connection node during its operation was calculated. The DIGIMAT was connected to ANSYS and allowed to determine the properties of the material in each finite element of the model, depending on the model of anisotropic material, which was determined from the results of experiments, determined by the calculated orientation of reinforcing fibers. To reduce the stress in the mounting bracket, metal plugs are supplied. The most effective form of the plugs and the thickness of the sole of the bracket were determined. To reduce stresses in the soles caused by moments from reactions in the ribs and walls, the latter were maximally displaced to the attachment points. This led to a decrease in the stress in the walls, which made it possible to reduce its width. The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-31-60093 mol_a_dk.

Формирование углеродсодержащих покрытий, полученных при помощи НЧ-плазматрона атмосферного давления в матричном режиме нанесения

Шведов А.В., Елинсон В.М.
МАИ, г. Москва

Развитие современной радиоэлектроники всё больше зависит от применения новых материалов и способов их получения. Особенно остро стоит вопрос защиты электронных компонентов от негативных воздействий окружающей среды, таких как повышенная влажность и биодеструкция. За последнее время, всё больше работ посвящается исследованиям и разработкам в области газовых разрядов атмосферного давления и установкам на их основе. В виду отсутствия необходимости создания и поддержания вакуума, доступности необходимого оборудования, а также возможности работы с низкотемпературной плазмой, данные установки позволяют проводить, как простую обработку изделий, так и осаждение из газовой фазы тонких покрытий без существенного повреждения поверхности самого изделия, что особенно важно при обработке термолабильных полимеров. Использование углерода в качестве основного материала тонкой плёнки позволяет получать покрытия с заданными характеристиками, свойства которых могут изменяться в широких пределах в зависимости от технологических параметров формирования.

Для осаждения углеродных и фторуглеродных тонких покрытий в настоящей работе используется низкочастотный (НЧ) плазматрон низкотемпературной плазмы атмосферного давления, который позволяет проводить локальную обработку и осаждение из газовой фазы с минимизированным влиянием окружающей среды, что позволяет добиваться высокой воспроизводимости результатов. Для обработки всей площади изделия применяется матричный режим нанесения, работающий по принципу многоточечного формирования покрытия с фиксированным расстоянием между точками. Работа НЧ-плазматрона обеспечивалась подачей нескольких потоков газов: плазмообразующий газ (аргон или гелий), транспортный газ (аргон, гелий или тетрафторметан) и плёнкообразующий газ (пары циклогексана).

Исследование полученных покрытий показало, что толщина углеродных и фторуглеродных покрытий линейно зависит от расстояния плазматрон-подложка, времени

нанесения и расстояния между точками. Использование в качестве плазмообразующего газа аргон позволило добиться значительного увеличения толщины полученных покрытий по сравнению с гелием. Был установлен контактный угол смачивания полученных покрытий и его зависимости от технологических параметров нанесения в матричном режиме, а также был доказан факт травления подложки из ПЭТФ во время нанесения. Определена степень фотопоглощения и установлена ширина запрещённой зоны по методу Тауца, которая составила в среднем 4,18 ± 0,02 эВ.

The Formation of carbon-containing coatings obtained by a low-pressure plasmatron of atmospheric pressure in the matrix mode of deposition

Shvedov A.V., Elinson V.M.
MAI, Moscow

The development of modern electronics more depends on the use of new materials and methods of obtaining them. Particularly acute is the issue of protecting electronic components from negative environmental influences such as high humidity and biodegradation. Recently, more papers are devoted to research and development in the field of gas discharges of atmospheric pressure and installations based on them. In view of the absence of the need to create and maintain a vacuum, the availability of necessary equipment, as well as the possibility of working with low-temperature plasma, these installations allow for simple product processing and thin-film chemical vapor deposition (CVD) without significant damage to the surface of the product itself, especially processing of thermolabile polymers. The use of carbon as the main material for a thin film makes it possible to obtain coatings with predetermined characteristics whose properties can vary within wide limits depending on technological formation parameters.

For the deposition of carbon and fluorocarbon thin coatings, in this paper we uses a low-frequency (LF) plasmatron of low-temperature atmospheric pressure plasma which provides local processing and CVD with minimized environmental influence, which allows for high reproducibility of the results. To process the entire area of the product, a matrix application mode is used, working on the principle of multi-point coating formation with a fixed distance between points. The operation of the low-frequency plasmatron was provided by the supply of several gas flows: a plasma-forming gas (argon or helium), a transport gas (argon, helium or tetrafluoromethane), and a film-forming gas (cyclohexane vapor).

Investigation of the obtained coatings showed that the thickness of the carbon and fluorocarbon coatings depends linearly on the plasmatron nozzle-substrate distance, the application time and the distance between the points. The use of argon as a plasma-forming gas made it possible to achieve a significant increase in the thickness of the obtained coatings in comparison with helium. The wetting contact angle of the obtained coatings and its dependence on the process parameters was established, and the fact of etching the substrate of PET during the deposition of the carbon and fluorocarbon coatings was proved. The degree of photoabsorption was determined and the width of the forbidden band was determined by the Tautz method, which averaged 4.18 ± 0.02 eV.

Титановые сплавы для аддитивного производства имплантатов

Юдаев С.В., Моргуль А.С., Никишин А.В.
МАИ, г. Москва

Титан нашел широкое применение в медицине благодаря своей биологической инертности. Традиционный способ получения изделий из титана включает в себе вакуумную плавку слитка с дальнейшей обработкой резанием до получения изделия готовой формы и придания конечных свойств термообработкой, при этом до 90% материала может уходить в отход.

Перспективными методами изготовления имплантатов для медицины можно считать селективное лазерное спекание (SLS) и селективное лазерное сплавление (SLM), при котором изделие формируется не снятием излишков материала, а послойным наплавлением тонкого (20-100 мкм) слоя порошкового материала.

В медицине наиболее распространены сплавы системы титан-ниобий-цирконий. Такие сплавы обладают хорошими прочностью и пластичностью в сочетании с низким модулем упругости за счет высокого содержания бета-фазы. Последний оказывает важную роль в долговечности имплантируемого изделия: высокомодульные сплавы передают большую нагрузку на костную ткань, что приводит к ее разрушению.

Анализ литературных данных показывает, что наиболее перспективными для аддитивного производства имплантатов являются сплавы с содержанием 40-45% и 3-5% ниобия и циркония по массе соответственно. Такие сплавы при спекании (сплавлении) с достаточной скоростью охлаждения образуют конечные изделия с пористостью 0-3% и достаточным содержанием бета-фазы.

Не смотря на выгоду в расходе материала и его обработке, дороговизна оборудования и исходного материала для аддитивного производства сказываются на конечной стоимости изделия. Один из способов ее снижения – усовершенствование и удешевление технологии производства сплавов для аддитивного производства.

Titanium alloys for additive implant manufacturing

Udaev S.V., Morgul A.S., Nikishin A.V.
MAI, Moscow

The titan has found broad application in medicine thanks to the biological inertness. The traditional way of receiving products from the titan includes in itself vacuum melting of an ingot with further processing by cutting before receiving a product of a ready form and giving of final properties heat treatment, at the same time up to 90% of material can go to withdrawal.

Perspective methods of production of implants for medicine can be considered selective laser agglomeration (SLS) and selective laser alloyage (SLM) at which the product is formed not by removal of surplus of material, but layer-by-layer fusing thin (20-100 microns) a layer of powder material.

System alloys titanium-niobium-zirconium are most spread in medicine. Such alloys have the good durability and plasticity in combination with the low module of elasticity at the expense of the high content of a beta phase. The last renders an important role in durability of the implanted product: high-modular alloys transfer big load of a bone tissue that leads to her destruction.

The analysis of literary data shows that the most perspective for additive production of implants are alloys with the maintenance of 40-45% and 3-5% of niobium and zirconium on weight respectively. Such alloys at agglomeration (alloyage) with a sufficient speed of cooling form final products with porosity of 0-3% and the sufficient maintenance of a beta phase.

Despite benefit in a consumption of material and its processing, the high cost of the equipment and initial material for additive production affect the final cost of a product. One of ways of her decrease – improvement and reduction in cost of the production technology of alloys for additive production.

Технология изготовления полусферической детали из алюминиевого сплава В95

Якурнова К.А., Алендарь А.Д., Преображенский Е.В.
МАИ, г. Москва

Формообразование листового металла является одним из наиболее востребованных производственных процессов во многих отраслях промышленности. При изготовлении конических и чашеобразных компонентов наиболее широко применяется глубокая вытяжка в инструментальных штампах (60% всех штампуемых деталей). Также широкое применение находит ротационная вытяжка. В данной работе производится сравнительный анализ этих двух технологий применительно к изготовлению полусферической детали из сплава В95.

При многоступенчатой глубокой вытяжке из плоской листовой заготовки за предварительные переходы получают ступенчатый полуфабрикат, который вписывается в контур готового изделия. На последнем переходе образующая выпрямляется, т.е.

ступенчатая заготовка превращается в деталь с образующей требуемой формы. Вытяжка в штампах является хорошо отработанной технологией и отличается простотой оснастки и оборудования, хорошим качеством поверхности детали, а также экономичностью процесса при крупносерийном производстве. Однако, при вытяжке тонких листов наблюдается гофрообразование. Это явление устраняется увеличением усилия прижима. Однако, увеличиваются и силы трения и вытяжки, что ведет к разрушению детали в опасном сечении. Поэтому применение глубокой вытяжки для изготовления полусферы с толщиной стенки менее 0,4 мм практически невозможно.

Ротационная вытяжка характеризуется локальностью очага деформации, вызванного давлением перемещающегося ролика. Благодаря этому ротационная вытяжка позволяет получить высокие степени деформации (до 80%). Также из простых форм заготовок можно получать детали сложной формы. Недостатком ротационной вытяжки является качество изделий - образование значительного наклепа, невозможность получения качественной внутренней поверхности изделия непосредственно в процессе вытяжки. Обработка малопластичных сплавов ограничивается из-за необходимости использования большого числа промежуточных операций (штампование и отжиг). Также ротационная вытяжка имеет низкую производительность и высокие требования к оснастке и точности оборудования, что ограничивает ее использование в крупносерийном производстве.

Таким образом, для производства полусферической детали из алюминиевого сплава В95 рекомендуется вытяжка в штампе, так как эта технология обеспечивает высокое качество поверхности и экономичность при крупносерийном производстве. Также вытяжка в штампах достаточно хорошо изучена, и ее технологические параметры точно определяются с помощью моделирования в CAE-системах.

Manufacturing technology of hemispherical parts made of aluminum alloy AA7075

Yakurnova K.A., Alendar A.D., Preobrazhensky E.V.
MAI, Moscow

Sheet metal forming is one of the most popular production processes in many industries. Deep drawing is the most widespread method of the manufacture of medium and high conical shells and components of hemispherical forms (about 60% of all stamped parts). In recent years, the rotary drawing is also widely used. This paper provides a comparative analysis of these two technologies in relation to the manufacture of hemispherical parts made of aluminum alloy AA7075.

By multistage deep drawing a flat sheet metal transitions into a stepped semi-finished product, which fits into the contour of the finished part. At the last step of drawing there is the straightening of the image, i.e. billet is transformed into a part with desired shape. Drawing in instrumental stamps uses relatively simple tools and equipment, and allows for a good workpiece surface quality. The efficiency of the process is also high for volume production. However, drawing sheets of small thickness may lead to corrugation. To eliminate this drawback, it is necessary to increase the clamping force, which significantly increases the friction during stamping and the drawing force. This leads to the destruction of the stamped blank in a critical section. Therefore, the use of deep drawing for the manufacture of hemispheres with a wall thickness of less than 0.4 mm is almost impossible.

A key difference of the rotary drawing is the localization of the deformation center caused by the pressure of the moving roller. Due to the localization of the deforming force, the rotary process allows to obtain high degrees of deformation (up to 80%). Also besides the simplest forms of blanks we can obtain parts of complex configuration, the manufacture of which by other methods is extremely difficult. The disadvantages of the rotary drawing are the low quality of products (the formation due to significant cold hardening), the inability to obtain high-quality inner surface of the product directly in the process of forming. This makes it difficult to use for low-plastic alloys, especially due to the need for a large number of stamping operations and intermediate annealing. Also the rotary drawing is characterized by low productivity and high

requirements for tools and precision equipment settings, which makes it impractical to use in large-scale production.

9. Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса

9. Economics and Management at Enterprises of Aerospace Complex

Особенности аттестации персонала в АО «Авангард»

Аверкин Т.Э., Михайлов А.А.
МАИ, г. Москва

АО «Авангард» – одно из ведущих предприятий России по производству крупногабаритных изделий из композиционных материалов (стеклопластиков, углепластиков), а также пластмасс и резины. В настоящее время оно входит в состав одного из крупнейших ракетостроительных холдингов России – АО «ВПК «НПО машиностроения». Оценка персонала в АО «Авангард» осуществляется с помощью Карты компетенций, которую заполняет непосредственный начальник и руководитель подразделения работника, проходящего аттестацию.

Карта компетенций включает в себя следующие блоки:

• Личностно-деловую компетентность (включает в себя качества характера работника, влияющие на профессиональную деятельность);

• Профессиональную компетентность;

• Управленческую компетентность (где перечислены компетенции, отвечающие за управленческие способности).

В графе «Компетенция» представлен список компетенций, выраженность которых необходимо оценить у работника, направляемого на аттестацию. В графе «Параметр оценки» приводятся характеристики каждого критерия. Графа «Требуемая степень важности критерия» представлена для заполнения непосредственному начальнику и руководителю подразделения работника, направляемого на аттестацию. Отмечается степень важности каждого критерия для должности работника, направляемого на аттестацию. Графа «Уровень соответствия критерию» представлена для заполнения непосредственному начальнику и руководителю подразделения работника, направляемого на аттестацию. Оценивается степень соответствия каждого критерия у работника, направляемого на аттестацию.

Карта компетенций позволяет преодолеть недостатки квалификационной карты и облегчает работу сотрудников отдела управления персоналом.

Литература:

1. Михайлов А.А., Кузьминский А.Е., Смирнова Т.С. Оценка профессиональных компетенций работников авиационной промышленности посредством методики KPI// Экономика и предпринимательство № 6 (95), 2018 г. (Vol. 12 Nom. 6)

2. Михайлов А.А., Кузьминский А.Е., Смирнова Т.С., Перепечкин М.Е. Применение методики KPI при оценке профессиональных компетенций работников авиационной промышленности//16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2017». 20–24 ноября 2017 года. Москва. – Типография «Люксор», 2017. С. 641-642.

3. Федотова М.А., Тихонов А.И., Новиков С.В. Оценка эффективности управления персоналом на предприятиях авиастроения // СТИН. 2017. № 12. С. 6-8.

Features of personnel attestation in JSC Avangard

Averkin T.E., Mikhaylov A.A.
MAI, Moscow

JSC "Avangard" is one of the leading enterprises in Russia for the production of large-scale products made of composite materials (fiberglass, carbon plastic), as well as plastics and rubber.

Currently, it is a part of one of the largest missile building holdings in Russia - JSC "MIC" NPO Mashinostroeniya".

The staff evaluation in Avangard JSC is carried out with the help of the Competence Card, which is filled by the immediate supervisor and the head of the unit of the employee undergoing certification.

The competency map includes the following blocks:

• Personal-business competence;

• Professional competence;

• Managerial competence.

In the "Competence" column the list of competencies is presented, the severity of which must be assessed by the employee sent for certification. In the column "Parameter of evaluation" the characteristics of each criterion are given. The column "The required degree of importance of the criterion" is presented to fill the immediate head and the head of the unit of the employee sent for certification. The degree of importance of each criterion for the position of an employee sent for certification is noted. The column "The level of compliance with the criterion" is presented to fill the immediate supervisor and the head of the unit of the employee sent for certification. The degree of compliance of each criterion with an employee sent for certification is assessed.

The competence map allows you to overcome the shortcomings of the qualification card and facilitates the work of the personnel management department.

References:

1. Mikhaylov A.A., Kuzminsky A.E., Smirnova T.S. Assessment of the professional competencies of aviation industry employees through the KPI methodology// Economics and Entrepreneurship No. 6 (95), 2018 (Vol. 12 Nom. 6)

2. Mikhaylov A.A., Kuzminsky A.E., Smirnova T.S., Perepechkin M.E. Using KPI methods to aviation industry employee professional competencies assessment// 16th International Conference “Aviation and Cosmonautics – 2017”.

20–24 November, 2017. Moscow. Abstracts. – Printing house “Luxor”, 2017. P/ 641-642

3. Fedotova M.A., Tikhonov A.I., Novikov S.V. Evaluation of the effectiveness of personnel management at aircraft manufacturing enterprises. // STIN. No. 12, pp. 6-8.

Использование технологии «SMM» в подборе и отборе персонала

Агеев М.Н., Семина А.П.

МАИ, г. Москва

В настоящее время методы подбора и отбора персонала сильно отличаются от методов, используемых 10 лет назад. Раньше руководитель выбирал кандидата на необходимую должность с помощью своего опыта и интуиции. Сейчас отбор и подбор персонала происходит согласно специально разработанным методикам. Подбор и отбор персонала – это неотъемлемая процедура и деятельность в организации, в процессе которой происходит сравнение квалификации, личностных качеств, профессионального опыта, возможностей сотрудника с теми, которые необходимы для данной должности.

В последнее время с помощью маркетинга в социальных сетях (SMM) возможно создавать больший трафик потока заявок, соответственно увеличить выбор кандидатов, и как следствие увеличить процент сходства вакансии с резюме, а также позволяет быстро закрыть вакансии. Социальные сети на сегодняшний день очень актуальны по сравнению с привычными ранее способами подбора, такие как газета, рекомендации с прошлого места работы и проч. SMM в подборе - процесс, с помощью которого происходит привлечение внимания через социальные сети, веб-сайты и другие онлайн сервисы к вакансиям организации. Основная цель коммерческих организаций - получение прибыли, но прибыль в свою очередь включает вычет затрат на подбор и отбор персонала, и вот именно это и является плюсом использования SMM, Популярные социальные сети помогают находить потенциальных работников организации. Например «Вконтакте» помогает найти сотрудников, у которых мало или нет опыта в необходимой сфере (как правило, студентов), «Facebook» - в поиске специалистов с опытом работы, «HeadHunter»,

«SuperJob» - сайты, предназначенные для поиска работы и для размещения вакансий всех категорий персонала.

Литература:

1. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

2. Семина А.П., Силантьева Е.А. Современные тенденции кадрового обеспечения ракетно-космической промышленности // Управление персоналом аэрокосмической отрасли. - Ставрополь: Центр научного знания "Логос", 2016. - С. 80-81.

3. Семина А.П., Коновалова В.Г. Организационная культура партнерских организаций // Реформы в России и проблемы управления. - М.: Государственный университет управления (Москва), 2018. - С. 213-215.

Using SMM technology in hiring stuff

Ageev M.N., Semina A.P.

MAI, Moscow

Currently, the methods of selection and selection of personnel are very different from the methods used 10 years ago. Previously, the head chose the candidate for the required position with the help of his experience and intuition. Now the selection and selection of personnel takes place according to specially developed methods. Selection and selection of personnel is an integral procedure and activity in the organization, in the process of which there is a comparison of qualifications, personal qualities, professional experience, the capabilities of the employee with those necessary for this position.

Recently, with the help of social media marketing (SMM), it is possible to create more traffic for the flow of applications, thus increasing the choice of candidates, and as a result, to increase the percentage of vacancy resemblance to the resume, and also allows you to quickly close vacancies. Social networks today are very relevant in comparison with the usual ways of selection, such as a newspaper, recommendations from the previous place of work and so on. SMM in selection is the process by which attention is attracted through social networks, websites and other online services to the vacancies of the organization. The main goal of commercial organizations is profit making, but profit in turn includes deduction of costs for recruitment and selection of personnel, and this is exactly the advantage of using SMM. Popular social networks help to find potential employees of the organization. For example, "Vkontakte" helps to find employees who have little or no experience in the necessary field (usually students), "Facebook" - in search of specialists with experience, "HeadHunter", "SuperJob" - sites designed to find work and to place vacancies for all categories of personnel.

References:

1. Semina A.P., Fedotova MA, Tikhonov A.I. Personnel Training in Modern Companies: Problems and New Directions // Moscow Economic Journal. 2016. № 3. P. 33.

2. Semina A.P., Silantieva E.A. Modern tendencies of personnel support of the rocket and space industry // Personnel management in the aerospace industry. - Stavropol: Center for Scientific Knowledge "Logos", 2016. - P. 80-81.

3. Semina A.P., Konovalova V.G. Organizational Culture of Partner Organizations // Reforms in Russia and Management Problems. - Moscow: State University of Management (Moscow), 2018. - P. 213-215.

Перспектива развития космодрома морского базирования

Акобян К.С.

МАИ, г. Москва

Проект «Морской старт» был разработан в начале 1990-х годов. Инициатором данного проекта было НПО "Энергия" им. С. П. Королева. Далее российское предприятие предложило американской аэрокосмической компании Boeing принять участие в проекте. В ноябре того же года к проекту присоединились норвежское судостроительное

предприятие Kvaerner (ныне - Aker Solutions), ПО "Южный машиностроительный завод имени А. М. Макарова" (Южмаш), а также конструкторское бюро "Южное".

Идея заключалась в том, чтобы создать плавучий ракетно-космический комплекс, уникальные характеристики которого гарантируют заказчикам многочисленные преимущества (в том числе, значительное увеличение массы отправляемой на Орбиту полезной нагрузки) - непосредственная близость к экваториальным водам Тихого океана позволяет существенно удешевить стоимость запусков.

«Морской старт» — уникальный комплекс, состоящий из нескольких частей: морской и ракетно-космической составляющей, а также наземной инфраструктуры. Морской комплекс включает в себя плавучую пусковую платформу Odyssey, с которой непосредственно и производятся космические запуски, и сборочно-командное судно, на котором осуществляется сборка ракеты и в дальнейшем управление предстартовыми операциями.

Первый демонстрационный запуск состоялся 28 марта 1998 года. Ожидалось, что в среднем будет проводиться минимум 5 запусков, но к сожалению фактически за 10 лет было произведено 30 запусков (в среднем 3 за год), что привело консорциум Sea Launch к банкротству.

В 2018 году право пользования были переданы передовой компании S7 Space. Вывод из консервации обошелся новому владельцу в 150 миллионов $ инвестиций. S7 Space планирует осуществить за ближайшие 15-20 лет примерно 90 запусков. Стоимость одного запуска составит порядка 65-76 миллионов $.

В связи со стремительными темпами роста науки и техники необходимо находить альтернативные методы освоения космоса. И начать конечно же надо с запуска. В скором будущем не будет привязки к определенной точке на карте, что позволит быть более мобильными и выполнять более широкий сектор космических задач.

Таким образом можно с уверенностью сказать, что программа Морской старт подает большие надежды так как максимально эффективна благодаря запускам с экватора и самое главное конкурентоспособная удельная стоимость доставки космических аппаратов на орбиту.

Prospect of development of the sea-based spaceport

Akobyan K.S.
MAI, Moscow

The Sea launch project was developed in the early 1990s. The initiator of this project was NGO "Energy". S. P. Korolev. Then the Russian company offered the American aerospace company Boeing to take part in the project. In November of the same year the project was joined by the Norwegian shipyard Kvaerner (now Aker Solutions), "Yuzhny machine-building plant named after A. M. Makarov" (Yuzhmash) and the design Bureau "southern".

The idea was to create a floating rocket and space complex, the unique characteristics of which guarantee customers numerous advantages (including a significant increase in the mass of the payload sent to Orbit) - the close proximity to the Equatorial waters of the Pacific ocean can significantly reduce the cost of launches.

"Sea launch" is a unique complex consisting of several parts: marine and space-rocket components, as well as ground infrastructure. The marine complex includes a floating launch platform Odyssey, from which space launches are carried out directly, and an Assembly and command ship, on which the rocket is assembled and further control of pre-launch operations.

The first demonstration launch took place on 28 March 1998. It was expected that an average of at least 5 launches would be carried out, but unfortunately, in fact, 30 launches were made in 10 years (an average of 3 per year), which led to the bankruptcy of the Sea Launch consortium.

In 2018, the right to use were transferred to the advanced company S7 Space. The conclusion from preservation cost to the new owner in a $ 150 million investment. S7 Space plans to carry out over the next 15-20 years about 90 launches. The cost of one launch will be about 65-76 million $.

Due to the rapid growth of science and technology, it is necessary to find alternative methods of space exploration. And of course we must start with the launch. In the near future, there will be no reference to a certain point on the map, which will allow to be more mobile and perform a wider sector of space tasks.

Thus, it is safe to say that the Sea launch program gives high hopes as the most effective due to launches from the equator and most importantly competitive unit cost of delivery of spacecraft into orbit.

Особенности подбора космонавтов в длительные экспедиции на МКС

Александрова М.А., Коновалова В.Г.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день система подготовки космонавтов для научных экспедиций на МКС детально проработана и включает в себя и физическую, и образовательную, и психологическую подготовку. Ещё на этапе отбора кандидаты в космонавты отсеиваются по многочисленным физическим показателям и результатам медкомиссии. Не меньшее внимание уделяется и психологическому состоянию человека. Будущий космонавт должен обладать стрессоустойчивостью, внимательностью, умением работать в режиме многозадачности и в экстремальных ситуациях, все эти компетенции развиваются в процессе шестилетней подготовки. Однако не стоит забывать о таком важном умении как работа в команде. Программы на МКС зачастую международные, и космонавты и астронавты из разных стран вместе проводят научную и исследовательскую работу. Они вынуждены находиться вместе в замкнутом пространстве достаточно длинный срок, в среднем, 150 суток. Важно сохранять работоспособность на протяжении всей экспедиции и избегать конфликтов внутри коллектива. Космонавты тоже люди, поэтому они также подвержены всем человеческим слабостям. Поэтому, чтобы избежать возникновения возможных ссор и разногласий, как в работе, так и в бытовой сфере, был использован опыт проведения экспедиций за полярным кругом. Ограниченный круг общения, замкнутое пространство и суровые условия, присуще как космическим, так и северным экспедициям. Было выявлено, что люди с ярко выраженным темпераментом меланхолика и холерика переносят данные условия хуже всего и могут привести к разладу в коллективе и ухудшению общего психологического состояния. Также при формировании команды важно учитывать теорию X и Y Д. Макгрегора, иначе различные взгляды на организацию процесса работы могут привести к недопониманию и срыву сроков проведения исследовательской работы. За психологическим здоровьем космонавтов следит группа психологов, с которыми можно выйти на связь и разобрать проблемную ситуацию. К тому же на данный момент не составляет особого труда связаться и поговорить с родными и близкими при помощи сети Интернет, поэтому современные космонавты в меньшей степени подвержены негативным влияниям изоляции на МКС, нежели их предшественники.

Список литературы:

Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли // Учебное пособие / Москва, 2017.

Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

Particular qualities of selection of cosmonauts in long expeditions to the ISS

Aleksandrova M.A., Konovalova V.G.
MAI, Moscow

Today, the training system for astronauts for scientific expeditions to the ISS has been thoroughly developed and includes physical, educational, and psychological training. Even at the selection stage, candidates for cosmonauts are screened by numerous physical indicators and the results of the medical commission. No less attention is paid to the psychological state of a person. The future cosmonaut must possess stress resistance, attention, the ability to work in multitasking

mode and in extreme situations; all these competencies are developed in the process of six years of preparation. However, do not forget about such an important skill as teamwork. Programs on the ISS are often international, and cosmonauts and astronauts from different countries together conduct scientific and research work. They are forced to stay together in a confined space for quite a long time, on average, 150 days. It is important to keep working capacity throughout the entire expedition and to avoid conflicts within the collective. Astronauts are also people, so they are also susceptible to all human weaknesses. Therefore, to avoid the emergence of possible quarrels and disagreements both in work and in the domestic sphere, the experience of conducting expeditions beyond the Arctic Circle was used. A limited circle of communication, a closed space and harsh conditions, is inherent in both space and northern expeditions. It was found that people with a pronounced temperament of melancholia and choleric suffer these conditions the worst and can lead to discord in the team and the deterioration of the overall psychological state. Also, when forming a team, it is important to take into account the theory of X and Y by D. McGregor, otherwise different views on the organization of the work process can lead to misunderstandings and disruptions in the timing of research. The psychological health of the cosmonauts is monitored by a group of psychologists with whom one can get in touch and analyze the problem situation. In addition, at the moment it is not difficult to contact and talk with family and friends via the Internet, so modern cosmonauts are less exposed to the negative effects of isolation on the ISS than their predecessors.

Управление затратами на аэрокосмическом предприятии ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва

Алексеева П.А.
МАИ, г. Москва

В настоящее время в современной экономике многие предприятия не могут продолжать свою деятельность в связи с нерентабельностью своей продукции.Главной проблемой, с которой сталкиваются современные российские предприятия — это повышение экономической эффективности управления затратами. По мнению большинства современных исследователей, управление затратами является важной составляющей политики предприятия, поэтому существенно выросла проблема учета, анализа и контроля затрат на предприятиях.

Для эффективного управления затратами на предприятии, нужно организовать систему, которая будет содержать в себе совокупность элементов и процессов управления затратами с характерными для них функциями и связями. Система управления затратами должна быть нацелена на достижение целей, поставленных перед предприятием. Следовательно, обеспечение действенности системы управления затратами достигается путем повышения деятельности предприятия посредством осуществления комплекса мероприятия по оптимизации затрат.

ПАО «РКК «Энергия» стоит во главе всех направлений отечественной ракетной и космической техники. На данном предприятии создаются автоматические космические и ракетные системы, высокотехнологичные системы различного назначения для использования в некосмических сферах.

Значительную часть в структуре совокупных затрат занимают материальные затраты. Далее следуют затраты на оплату труда персонала и управленческие расходы.

Анализ деятельности предприятия позволяет утверждать, что финансово-хозяйственное состояние ПАО «РКК «Энергия» на конец 2017 года стабильное. Корпорация выполняет свои обязательства в рамках государственных программ и международных проектов на общую сумму 240 млрд. руб.

В своей работе в целях повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности ПАО «РКК «Энергия» мы считаем необходимым постоянно изыскивать резервы снижения затрат на всех этапах производственных процессов и во всех производственных подразделениях предприятия, отслеживать соотношение дебиторской и

кредиторской задолженности; осуществлять регулярный анализ финансовой отчетности клиентов.

Cost management at the aerospace enterprise Rocket and Space Corporation Energia named after S. P. Korolev

Alekseeva P.A.
MAI, Moscow

Now in modern economy many enterprises cannot continue the activity in connection with the production unprofitability. The main problem that the modern Russian enterprises face is increase in economic expenses management efficiency. According to most of modern researchers, expenses management is an important component of enterprise policy therefore the problem of account, the analysis and control of expenses at the enterprises has significantly grown.

For effective expenses management at the enterprise, it is necessary to organize system that will comprise set of elements and expenses management processes of with functions and communications, characteristic of them. The cost management system has to be an achievement of the goals before the enterprise. Therefore, ensuring effectiveness of a cost management system is reached by activity enterprise increase by means of implementation of a complex of an action for expenses optimization.

RSC Energia is at the head of all directions of the domestic rocket and of all directions of the domestic rocket and space equipment. At this enterprise automatic space and missile systems, hi-tech systems of different function for use in not space spheres are created.

Considerable part in structure of cumulative expenses is occupied by material inputs: raw materials and accessories. Further labor costs of personnel and management expenses follow.

The analysis of activity of the enterprise without the specified losses allows claiming that a financial and economic condition of PJSC RSC Energia for the end of 2017 stable. The corporation fulfills the obligations within state programs and the international projects for 240 billion rubles.

In our work in order to improve the financial efficiency of RSC Energia, we consider it necessary to constantly seek reserves to reduce costs at all stages of production processes and in all production enterprise units, to monitor the ratio of receivables and payables; to carry out regular customers financial statements analysis.

Авиационное и космическое страхование в России

Алиева Л.Д.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы является определение места авиационного и космического страхования в системе воспроизводства и развития экономики России, а также оценка уровня развития данного страхования в настоящее время.

Согласно статистике, вероятность авиакрушения незначительна и равна примерно 1/7 000 000. Тем не менее, воздушные катастрофы всё же случаются, поэтому важным является наличие авиационной страховки.

Авиационное страхование – это страхование рисков, которые возникают в процессе осуществления авиационной деятельности. В большинстве случаев используется корпоративное авиастрахование, которое обеспечивает финансовую защиту юридических лиц от рисков личного или имущественного характера, связанных с эксплуатацией воздушных судов. Страхователями являются:

1) авиакомпании;
2) аэропорты;
3) производители авиатехники;
4) авиационные инструкторы;

Заниматься данным видом страхования могут только крупные страховщики, так как, особенностью авиационного страхования часто являются большие размеры наступающих

убытков. Однако и крупные страховщики предпочитают делать это сообща, при помощи страховых объединений. Помимо этого, в договор страхования входят как страхование воздушных судов, так и различных видов ответственности, связанных с их эксплуатацией.

Страхование космических рисков –наиболее новая, развивающаяся отрасль страхования. Эта отрасль, объединяет в себе все виды защиты от рисков, которые возникают на разных этапах осуществления космической деятельности.

Исследование ретроспективы и современного состояния авиационного и космического страхования позволило сделать вывод о том, что это сравнительно молодые и динамично развивающиеся виды страхования. Анализ рынка авиационного и космического страхования показал, что открытие границ страхования России для иностранного капитала является наиболее чувствительным вопросом. Согласно статистическим данным, доля рынка авиационного и космического страхования в России имеет положительные тенденции по увеличению.

В результате, были изучены структура авиационного и космического рынка России, его субъекты и участники, законодательное регулирование страховой деятельности. Основные выводы и аналитические заключения могут быть использованы в рамках работы ассоциации авиационных и космических страховщиков.

Aviation and Space Insurance in Russia

Alieva L.D.
MAI, Moscow

The purpose of this work is to determine the place of aviation and space insurance in the system of reproduction and development of the Russian economy, as well as to assess the development level of this insurance at the present time. According to statistics, the probability of an air crash is insignificant and is about 1/7 000 000. However, air accidents still happen, so it is important to have aviation insurance.

Aviation insurance is the insurance of risks that arise in the course of aviation activities. In most cases it is used corporate aviation insurance, which provides financial protection of legal entities from personal or property risks associated with the operation of aircrafts. The insurants are:

1) airlines;
2) airports;
3) aircraft manufacturers;
4) aviation instructors;

It is only large insurants, who can deal with this type of insurance, since the feature of aviation insurance is the large size of the coming losses. However, large insurants prefer to do it together, with the help of insurance associations. In addition, the insurance contract includes both aircraft insurance and various types of liability associated with their operation.

The space risk insurance is the newest, developing insurance industry. This industry combines all types of protection against risks that arise at different stages of space activities. The study of the retrospective and current state of aviation and space insurance has led to the conclusion that they are relatively new and dynamically developing types of insurance. The analysis of the aviation and space insurance market showed that the opening of the borders of Russian insurance for foreign capital is the most pressing issue. According to statistics, the share of the aviation and space insurance market in Russia has positive trends in increasing.

As a result, it was studied the structure of the aviation and space market of Russia, its subjects and participants, legislative regulation of insurance activities. The main conclusions as well as analytical conclusions can be used in the work of the Association of Aviation and Space Insurers.

Программа развития лояльности персонала как эффективный инструмент управления рисками организации

[1]Андреева М.А., [2]Мучник Е.Д.
[1]МАИ, [2]Финансовый университет, г. Москва

Обеспечение непрерывности ведения хозяйственной деятельности и устойчивости развития организации — главная проблема в условиях неопределённости, сопряженных с возникновением и развитием угроз и рисков.

Система управления персоналом становится все более гибкой структурой, которая должна базироваться на особенностях личности работника и эффекте синергии в сочетании как его качеств, так и качеств всего коллектива. Реагируя на изменения рынка труда и усиления конкуренции персонал под руководством управленцев призван создавать конкурентные преимущества, которые способствуют развитию компании и обеспечению ее безопасности, а, следовательно, и снижению уровня риска. В этой связи задача разработки программы по развитию лояльности персонала становится как никогда актуальной.

Персонал компании может быть разделен на группы с целью предложения путей развития лояльности в рамках каждой из них. Определение уровня лояльности как критерия разделения не вызывает особенных трудностей, гораздо сложнее спрогнозировать дальнейшую динамику уровня.

Учитывая то, что деятельность персонала как ресурса предприятия обширна по объему рисков, авторы, основываясь на опыте мировой практики, предлагают ряд элементов программы развития лояльности персонала.

Первый уровень лояльности снижает риск, связанный с демонстрацией негативного отношения работников к организации (не снижая риск наличия скрытой нелояльности). Лояльность на уровне поступков и поведения (предлагается введение системы менторства) совместно со следующим уровнем — уровнем знаний и навыков призвана снизить возможный ущерб от действий работников (начиная от неправильного выполнения процессов, заканчивая нарушением функционирования трудового коллектива). Лояльность на уровне убеждений необходима для снижения вероятности конфликта между топ-менеджментом и собственником.

Таким образом, используя элементы программы развития лояльности: прямую связь вознаграждения с деятельностью, которая приводит к увеличению эффективности работы организации, или недопущение возникновения и развития ситуаций, когда интересы сотрудников противоречат целям организации, — хозяйствующий субъект может снизить репутационный и операционный риски деятельности, удовлетворяя потребности персонала, следовательно, стабилизировать выполнение функций развития и безопасности организации.

Program of development of loyalty of personnel as effective instrument of risk management of the organization

[1]Andreeva M.A., [2]Muchnik E.D.
[1]MAI, [2]Financial University, Moscow

Ensuring continuity of conducting economic activity and stability of development of the organization is the main problem in the conditions of uncertainty, interfaced to emergence and development of threats and risks.

The personnel management system becomes more flexible structure which has to be based on features of the identity of the worker and effect of synergy in a combination his qualities and qualities of all collective. Reacting to changes of labor market and strengthening of the competition the personnel under the leadership of managers are called to create competitive advantages, which contribute to the development of the company, ensuring its security and to decrease in risk level. The problem of development of the program for development of loyalty of personnel becomes very relevant.

The personnel of the company can be divided into groups for the purpose of the offer of ways of development of loyalty within each of them. Determination of level of loyalty as criterion of division doesn't cause special difficulties, it is much more difficult to predict further dynamics of level.

Considering that activity of personnel as a resource of the enterprise is extensive on the volume of risks, authors, based on experience of world practice, offer a number of elements of the program of development of loyalty of personnel.

The first level of loyalty reduces the risk connected with demonstration of negative attitude of workers to the organization (without reducing risk of existence of the hidden disloyalty). The loyalty at the level of acts and behavior in common with the following level — the level of knowledge and skills — is designed to reduce possible damage from actions of workers (beginning from the wrong performance of processes, finishing with violation of functioning of labor collective). The loyalty at the level of beliefs is necessary for decrease in probability of the conflict between top management and the owner.

Using elements of the program of development of loyalty: direct link of remuneration with activity which leads to increase in overall performance of the organization, or prevention of emergence and development of situations, when the interests of employees contradict the purposes of the organization, is a way the organization can reduce reputation and operational risks, satisfying needs of personnel to stabilize performance of functions of development and its security.

Подготовка переводчиков в ИИЯ МАИ в контексте современных потребностей рынка труда

Аникеева И.Г.
МАИ, г. Москва

• Автор считает, что при подготовке по иностранному языку необходимо соблюдать ряд таких условий, как: направленность профессиональной литературы и учебных материалов на коммуникацию; обсуждение проблем будущей профессиональной деятельности студентов; создание и моделирование общения будущих специалистов между собой на иностранном языке; научно-исследовательская работа студентов по проблемам будущей профессиональной деятельности.

• Данные факторы создают благоприятные условия для обмена деятельностью, информацией, опытом, умениями и навыками, результатами деятельности, что способствует развитию общества и личности специалиста. Профессионально-ориентированный процесс иноязычной подготовки студентов технических вузов сводится к следующим тезисам: получение и обработка профессиональнозначимой информации; стимулирование студента к учебной деятельности; формирование морально-этических норм профессионального поведения.

• Автор приходит к выводу, что преподавание иностранного языка в техническом вузе – это сложный учебно-воспитательный процесс, который включает организационный, предметный, социальный и коммуникативный аспекты, направленные на подготовку студентов технического вуза к будущей иноязычной профессиональной деятельности. Подчеркивается возросшее значение владения профессионально-ориентированным иностранным языком, определяются подходы, составляющие методологическую основу системы иноязычной подготовки, рассматриваются содержание, формы и методы обучения студентов – будущих инженеров иностранному языку.

Interpreters’ training at the MAI IFL in the context of modern labor market needs

Anikeeva I.G.
MAI, Moscow

• The authors consider it necessary to observe the following conditions of a foreign language training: communicative orientation of professional literature and training materials; discussion of issues related to future professional activities; creation and modelling of a foreign language

communication between future professionals; students' research work related to their future professional activities.

• These factors create favorable conditions for exchange of activities, information, knowledge and skills, performance results and enhance the development of society and a professional's personality. The process of professionally oriented foreign language training of technical university students centers on receiving and processing of professionally significant information, students' learning activities stimulation, forming moral and ethical norms of professional behavior.

• The authors come to the conclusion that teaching a foreign language in a technical university is a complex teaching and educational process that includes organizational, subject, social and communicative aspects and is focused on training technical university students for their future foreign language professional activities. The increased importance of professionally oriented language skills is stressed; approaches which constitute the methodological base of foreign language training are defined; the content, forms and methods of foreign language training of engineering students are considered.

Корреляционные аспекты основных элементов жизненного цикла инновационных проектов

Армашова-Тельник Г.С., Зубкова А.Н.
ГУАП, г. Санкт-Петербург

В рамках осуществления управленческих процедур в проекте целесообразно рассматривать его компоненты как взаимосвязь коррелирующих структурных элементов через призму параметрической линейки (время, качество, стоимость). Что, в контексте повышения эффективности функционирования проекта, детерминирует необходимость формирования механизмов управления каждым параметром его (проекта) жизненного цикла. Это означает, что реализация данных проектов связана с управлением множества различных неоднородных компонентов, принимая во внимание динамичность внешней среды, что обуславливает сложность прогнозирования результатов проекта. Результативность наиболее значимых периодов времени в процессе жизненного цикла проекта – фаз (инициация и формализация идеи; проектирование и разработка; реализация механизма исполнения; мониторинг и контроль; завершение, «закрытие» проекта), которые, в свою очередь, включают в себя стадии, подэтапы, содержащие комплекс производимых операций/работ, определяется степенью достижения целевых проектных показателей. При этом, промежуточные результаты каждого подэтапа/стадии инновационного проекта является переходной частью от одной до следующей фазы . В рамках осуществления управленческих процедур в проекте целесообразно рассматривать его компоненты как взаимосвязь коррелирующих структурных элементов через призму параметрической линейки (время, качество, стоимость). Что, в контексте повышения эффективности функционирования проекта, детерминирует необходимость формирования механизмов управления каждым параметром его (проекта) жизненного цикла. Управление данным параметром позволяет регулировать определение методов и инструментов (применяемых в проекте), ограничительные сроки, формирование календарного плана, детализацию требований к формализации отдельных этапов проекта. Эффективный менеджмент в части согласования затрат на реализацию проекта позволяет оптимизировать денежные потоки на каждой фазе жизненного цикла инновационного проекта (осуществляя снижение временного интервала от научно-технических разработок новации до точки инвестиционной окупаемости)

Correlation aspects of the main elements of the life cycle of innovation projects

Armashova-Telnik G.S., Zubkova A.N.
SUAI, Saint-Petersburg

As part of the implementation of management procedures in the project, it is expedient to consider its components as a correlation of the correlating structural elements through the prism

of the parametric ruler (time, quality, cost). That, in the context of improving the effectiveness of the project, determines the need to develop mechanisms for managing each parameter of its (project) life cycle. This means that the implementation of these projects is related to the management of many different heterogeneous components, taking into account the dynamic nature of the external environment, which makes the forecasting of results difficult project. The effectiveness of the most significant time periods in the life cycle of the project - the phases (initiation and formalization of the idea, design and development, implementation of the implementation mechanism, monitoring and control, completion, "closing" of the project), which in turn include stages, sub-stages, containing a complex of operations / works performed, is determined by the degree of achievement of target design indicators. At the same time, the intermediate results of each sub-step / stage of the innovation project is a transitional part from one to the next phase. As part of the implementation of management procedures in the project, it is expedient to consider its components as a correlation of the correlating structural elements through the prism of the parametric ruler (time, quality, cost). That, in the context of improving the effectiveness of the project, determines the need to establish mechanisms for managing each parameter of its (project) life cycle. Management of this parameter allows you to regulate the definition of methods and tools (used in the project), time limits, the formation of a calendar plan, detailing the requirements for the formalization of individual phases of the project. Effective management in terms of harmonizing the costs of the project allows you to optimize cash flows at each phase of the life cycle of the innovation project (reducing the time interval from the scientific and technological developments of innovation to the point of investment return)

Фриланс и коворкинг как современные формы организации труда

Артемьева Е.И., Федотова М.А.
МАИ, г. Москва

Уточним сущность понятия Freelance. Под ним понимают работу по найму, когда работодатель ищет себе исполнителя и дает ему задания.

Сейчас вопрос о работе фрилансером является очень актуальным, так как ты относительно свободен и имеешь гибкий график, это достаточно удобно. Коворкинг же возникает как следствие. Фрилансеры могут казаться «одинокими волками», но последние тенденции доказывают обратное. Совместные рабочие места, где удаленные сотрудники и компании объединяются вместе для совместного использования служебных помещений, становятся все более популярными.

Фриланс нашел своё применение во многих сферах, авиация не стала исключением.

Авиационный фриланс — это вид трудовых отношений бортпроводников бизнес-авиации, где бортпроводник не состоит в штате авиакомпании, а выходит в рейс по собственному желанию и договоренностью с авиапредприятием. В таком случае вы можете выбрать подходящий вам срок работы. В качестве теста может быть проведен пробный полет. Можно рассмотреть вариант, когда в роли фрилансера выступает не бортпроводник, а инженер-конструктор. Coworking - в широком смысле — подход к организации труда людей с разной занятостью в общем пространстве; в узком — подобное пространство, коллективный офис.

Почему же фрилансеры всё чаще предпочитают работать в совместных офисах?

• Стабильность. Доступное офисное пространство, надежный Wi-Fi и оперативные приемные.

• Мобильность. Совместная работа является глобальной тенденцией.

• Возможности. Совместное использование офисных помещений - это больше, чем просто экономия денег или социальная настройка.

Работая над этим вопросом я сделала выводы, что коворкинг действительно во многом удобен и более практичен. Но не стоит забывать, что каждый из нас индивидуален, кому-то подходит такая схема работы, а кому-то нет. Сфера фриланса и коворкинга сейчас

активно развивается, кто знает, что принесёт нам это развитие в будущем... Я считаю, что это прекрасный способ экономии денежных средств при получении огромной выгоды.

Список литературы:

1.Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли // Учебное пособие / Москва, 2017.

2.Желтенков А.В., Тихонов А.И., Гришин Д.В. Построение эффективной системы управления персоналом авиастроительных предприятий с использованием системы мотивации обучения и трудоустройства выпускников учебных заведений // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2016. № 4. С. 70-78.

Freelancing and coworking as a modern form of organization of labor

Artemyeva E.I., Fedotova M.A.

MAI, Moscow

Let us clarify the essence of the concept of Freelance. It is understood as work for hire, when the employer is looking for a performer and gives him a job.

Now the question of working as a freelancer is very relevant, as you are relatively free and have a flexible schedule, it is quite convenient. Coworking occurs as a consequence. Freelancers may seem like "lone wolves," but recent trends prove the opposite. Collaborative workplaces, where remote employees and companies come together to share office space, are becoming increasingly popular.

Freelancing has found its application in many areas, aviation is no exception.

Aviation freelancing is a type of labor relations of flight attendants of business aviation, where the flight attendant is not a member of the airline staff, and goes on a flight at his own will and agreement with the airline. In this case, you can choose a suitable period of work. As a test, a test flight can be carried out. You can consider the option when the role of a freelancer is not a flight attendant, and design engineer. Coworking-in a broad sense-an approach to the organization of work of people with different employment in a common space; in a narrow — like space, a collective office.

Why do freelancers increasingly prefer to work in joint offices?

• Stability. Affordable office space, reliable Wi-Fi and operational reception.

• Mobility. Collaboration is a global trend.

• Scope. Sharing office space is more than just saving money or social customization.

Working on this issue, I concluded that coworking is really in many ways convenient and more practical. But do not forget that each of us is different, someone fits this scheme of work, and someone does not. The field of freelancing and coworking is now actively developing; who knows what will bring us this development in the future... I believe that this is a great way to save money while getting huge benefits.

List of references:

1.Tikhonov A. I., Fedotov M. A., Silantyeva E. A. bases of the organisation of work in the aerospace industry // tutorial / Moscow, 2017.

2.Zelenkov A. V., Tikhonov A. I., Grishin, D. V. Construction of effective system of personnel management aircraft companies using motivation system training and employment of graduates of educational institutions // Herald of Moscow state regional University. Series: Economy. 2016. No. 4. C. between 70 and 78.

Организация и контроль самостоятельной работы в языковом образовании студентов экономических специальностей для авиационно-космической отрасли

Артюшина Г.Г., Шейпак О.А.

МАИ, г. Москва

Организация самостоятельной работы студентов – одна из ключевых компетенций, характеризующая качество образования. Именно поэтому самостоятельная работа стала неотъемлемой частью занятий по языковой подготовки студентов экономических

специальностей, обучающихся на кафедре И14. Именно самостоятельная работа студентов способствует развитию их самостоятельности, ответственности и организованности, а также развитию творческого подхода у студентов к решению проблем как на учебном, так и на профессиональном уровне. Студенты сами распределяет свое время в зависимости от своих способностей к языку и организационной самостоятельности [1] .

С одной стороны правильная организация самостоятельной работы способствует развитию мотивации студентов. С другой стороны, при организации самостоятельной работы студентов очень важным элементом становится обратная связь, т.е. правильно организованная система контроля за полученными знаниями. Большая библиотека, содержащая разнообразные задания к аутентичным аудиозаписям стала источником для организации основного вида самостоятельной работы на кафедре И14 – подкастинга. Мы накопили восьмилетний опыт работы с подкастами как видом самостоятельной работы у бакалавров и магистров экономических специальностей [2]. Так как этот вид работы стал основным в организации самостоятельной работы студентов, он потребовал от нас проведение большого объёма подготовительной работы и разработки учебно-методических материалов, таких как “Guide to Listening” и “Guide List”. Такая организация и контроль самостоятельной работы позволила перейти к само организованной работе студентов, когда преподаватель не навязывает своего мнения, а выступает в роли помощника, консультанта и источника информации и приходит на помощь только по просьбе самого студента.

Использованная литература:

1 – Г.Г.Артюшина, О.А. Шейпак «Самостоятельная работа студента: из опыта преподавателей иностранного языка», 13 межвузовской научно-практической конференции «Роль гуманитарных и социально-экономических дисциплин в подготовке современных менеджеров», М.,МАТИ, 2012.

2 – Galina G. Artyushina, Olga A. Sheipak, Elena I. Baguzina, Olga G. Plekhova. The magic of innovation. New techniques and technologies in teaching foreign languages/Edited by Dmitry A. Kryachkov, Elena B. Yastrebova, Olga A. Kravtsova. - Newcastle upon Tyne, 2015. - 350p., pp. 43-67

Organization and control of the self-studies in language education of the students studying economics for aerospace industry

Artyushina G.G., Sheypak O.A.
MAI, Moscow

Organization of the students’ self-studies is one of the key competencies identifying the quality of education so that self-study has become an integral part of language classes for students studying economics. It is self-study that ensures the development of students’ independence, responsibility and organization, their creative approach in solving problems of both levels – educational and professional. Students themselves allocate time due to their abilities in the language and self-organization [1].

On the one hand, well-organized self-studies ensure the development of students’ motivation to study. On the other hand, adequate feedback is required, so we must organize a good control system for their knowledge. Different tasks to authentic audio materials have become one of the most popular kinds of self-studies at our Department - podcasting. We have accumulated 8-year experience working with podcasts as self-studies in bachelor and master groups studying economics [2]. Since this work has become general in self-studies it has required a serious preparatory process and development of a number of educational guide materials for students: “Guide to Listening” and “Guide List”. Such organization and control of the students’ self-study have allowed proceeding to the self-organized study of our students when a teacher doesn’t influence and put pressure upon students but begins to play the role of an assistant, tutor and source of information and helps only in a case when students ask for help.

References:

1 – G.G.Artyushina, O.A. Sheypak. Samostoyatel'naya rabota studenta: iz opyta prepodavatelej inostrannogo yazyka, 13 mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii: Rol' gumanitarnyh i social'no-ehkonomicheskih disciplin v podgotovke sovremennyh menedzherov», M., MATI, 2012.

2 – Galina G. Artyushina, Olga A. Sheipak, Elena I. Baguzina, Olga G. Plekhova. The magic of innovation. New techniques and technologies in teaching foreign languages/Edited by Dmitry A. Kryachkov, Elena B. Yastrebova, Olga A. Kravtsova. - Newcastle upon Tyne, 2015. - 350p., pp. 43-67

Разработка стратегии импортозамещения и оценка рыночного потенциала АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» на мировом рынке

Артющик В.Д., Тихонов А.И.
МАИ, г. Москва

Сложная геополитическая обстановка и санкции в отношении нашей страны требуют оперативного решения проблемы импортозамещения, особенно в том случае, когда дело касается авиационной промышленности. Импортозамещение в этой отрасли тесно связано с понятием «безопасность». Государство имеет достаточно широкий инструментарий для реализации политики импортозамещения. В ходе работы было доказано, что минимальный эффект приносят механизмы, направленные на ограничение внешней торговли, в то время как наибольший положительный эффект приносят механизмы, направленные на стимулирование инвестиционной деятельности и продвижение на рынке товаров отечественных производителей.

Следует особо отметить, что в основу плана импортозамещения должны быть положены задачи создания конкурентоспособных продуктов и выхода на мировой рынок, обладающий гораздо более высоким потенциалом для роста отечественных компаний, а не полной замены всего зарубежного, тем более, что значительная часть оборудования и разработок, поставляемых по импорту, может быть освоена российскими предприятиями.

Целью данной работы являлись разработка стратегии импортозамещения, а также оценка потенциального спроса на продукцию АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» на мировом рынке.

Для формирования прогноза спроса на авиадвигатели, в первую очередь, были выявлены основные тенденции, происходящие на рынке. Далее была проведена экспертная оценка основных конкурентов в отрасли. Темпы их развития были сопоставлены с собственными.

Результатом работы является предложенная стратегия импортозамещения, которая поможет реализовать намеченные планы корпорации в условиях жесткой конкуренции (предусмотрены меры, повышающие конкурентоспособность). Целевой моделью стратегии развития корпорации выбрана постепенная диверсификация, предполагающая при сохранении лидерских позиций на мировом и российском рынках продукции военного назначения расширение производства и сбыта в сегментах гражданских авиационных и вертолетных двигателей, энергетических и газоперекачивающих установок, морских и ракетных двигателей. Также предусмотрен выход на глобальный рынок в качестве поставщика комплектующих 2-4 уровня.

Development of the import substitution strategy and assessment of the market potential of United Engine-Building Corporation on the world market

Artyushchik V.D., Tikhonov A.I.
MAI, Moscow

The complex geopolitical situation and sanctions against our country require an operative solution to the problem of import substitution, especially when it comes to the aviation industry. Import substitution in this industry is closely related to the notion of "security". The state has a fairly wide range of tools for implementing the policy of import substitution. In the course of the work it was proved that the minimum effect is brought by mechanisms aimed at restricting

foreign trade, while the greatest positive effect is brought by mechanisms aimed at stimulating investment activity and promoting the products of domestic producers on the market.

It should be specially noted that the import substitution plan should be based on the task of creating competitive products and entering the world market, which has a much higher potential for the growth of domestic companies, rather than a complete replacement of the entire foreign, especially since a significant part of the equipment and developments supplied on imports, can be mastered by Russian enterprises.

The purpose of this work was the development of an import substitution strategy, as well as an assessment of the potential demand for the products of United Engine-Building Corporation JSC on the world market.

To form the forecast of demand for aircraft engines, in the first place, the main trends that were taking place on the market were identified. Further, an expert assessment of the main competitors in the industry was carried out. The pace of their development was compared with their own.

The result of the work is the proposed strategy of import substitution, which will help to implement the planned plans of the corporation in a highly competitive environment (measures to increase competitiveness are envisaged). The target model of the corporate development strategy is gradual diversification, which assumes, with the preservation of the leading positions in the world and Russian markets of military products, expansion of production and marketing in the segments of civil aviation and helicopter engines, power and gas pumping units, marine and rocket engines. It also provides access to the global market as a supplier of 2-4 level components.

Цифровая среда, как инструмент реализации новых подходов в организации целевого обучения

Басова В.П., Новиков С.В.
МАИ, г. Москва

Цифровое пространство охватывает все больше сфер нашей повседневной жизни и затрагивает всё большее количество ее аспектов.

На сегодняшний день существует огромное количество разных порталов для поиска, анализа (соискателей; университетов и так далее) в соответствии с целями работодателя, абитуриента и других. Все многообразие ресурсов информационной среды охватить трудно, поэтому в данной статье рассмотрим лишь некоторые порталы, в частности те, которые Госкорпорация Роскосмос использует в своей деятельности для улучшения процесса организации целевого обучения.

Все эти порталы можно условно разделить на 3 группы: IT-Системы департамента развития персонала, отраслевые порталы Роскосмоса, а также порталы государственных ведомств и партнеров. Среди систем и порталов, чьё функционирование поддерживается непосредственно ГК Роскосмос, можно выделить систему HR-мониторинга, портал Совета по профессиональным стандартам в области ракетной техники и космической деятельности, Краудсорсинговую платформу, портал «Орбита молодежи», профориентационный портал «Ключ на старт», профориентационный онлайн-курс и многие другие.

Существуют также интернет-ресурсы для абитуриентов: «Поступай правильно», «Мониторинг качества приема в Вузы». Информационный ресурс для абитуриентов “Поступай правильно” нацелен на качественный поиск нужного высшего учебного заведения по всем уровням образования, начиная от бакалавриата до аспирантуры. С помощью Интернет-ресурса «Мониторинг качества приема в Вузы» выпускник может решить для себя какие шансы для зачисления у него будут в любом из ВУЗов, ориентируясь на цифры приема.

Грамотное использование описанных выше цифровых ресурсов позволит организациям расширить свои возможности по внедрению программ целевого обучения, быть в курсе ситуации на рынке как образовательных услуг, так и трудовых ресурсов и при умелом анализе имеющейся информации выстраивать новые, успешные и

конкурентоспособные механизмы взаимодействия с абитуриентами и молодыми специалистами по их обучению и дальнейшему трудоустройству.

Литература:

1. Федотова М.А., Тихонов А.И., Новиков С.В. Оценка эффективности управления персоналом на предприятиях авиастроения // СТИН. 2017. № 12. С. 6-8.

2. Тихонов А.И., Новиков С.В., Федотова М.А. Взаимодействие вузов и предприятий в сфере высокотехнологичного производства // Мир транспорта. 2017. Т. 15. № 1 (68). С. 232-241.

The digital environment as an instrument for implementing new approaches in the organization of targeted learning

Basova V.P., Novikov S.V.

MAI, Moscow

Digital space encompasses more and more areas of our daily life and touches an increasing number of its aspects.

Today there are a huge number of different portals for search, analysis (applicants; universities, and so on) in accordance with the goals of the employer, the applicant and others. It is difficult to cover all the variety of resources of the information environment, therefore, in this article we will consider only some of the portals, in particular those that the Roscosmos State Corporation uses in its activities to improve the process of organizing targeted training.

All these portals can be divided into 3 groups: the IT-systems of the personnel development department, the Roscosmos branch portals, and also the portals of government departments and partners. Among the systems and portals whose operation is the maintenance of Roscosmos, we can highlight the HR-monitoring system, the Council for Professional Standards portal in the field of rocket-technology and space activities, the Crowdsourcing Platform, the Orbit of Youth Portal, the Key-to-Start Career-Guidance Portal, online course and many others.

There are also Internet resources for applicants: “Do the right thing”, “Monitoring the quality of admission to universities”. The information resource for applicants “Do the right thing” is aimed at a qualitative search for the desired higher educational institution in all levels of education, from bachelor to postgraduate. With the help of the Internet resource "Monitoring the quality of admission to universities" a graduate can decide for himself what chances for enrollment he will have in any of the universities, focusing on the numbers of admission.

Proper use of the above digital resources to help them realize their ability to implement programs that will help you cope with the situation and gain access to resources. on their training and further employment.

References:

1. Fedotova MA, Tikhonov A.I., Novikov S.V. Evaluation of the effectiveness of personnel management at the enterprises of aircraft industry // STIN. 2017. No. 12. P. 6-8.

2. Tikhonov A.I., Novikov S.V., Fedotova M.A. The interaction of universities and enterprises in the field of high-tech production // World Transport. 2017. V. 15. № 1 (68). Pp. 232-241.

Использование профессиональных стандартов на предприятиях аэрокосмической промышленности: опыт и перспективы

Бахтина А.Г., Семина А.П.

МАИ, г. Москва

Актуальность работы заключается в согласовании разработки и корректировки действующих должностных инструкций с учетом требований существующих профессиональных стандартов. Раскрываются особенности, а также сложности перехода государственных предприятий на профессиональные стандарты (с 01.01.2020г. они станут обязательны). Так как применение ЕКС (единого квалификационного справочника) и ЕТКС (единого тарифно-квалификационного справочника) постепенно сходит на нет, то и должностные инструкции, разработанные на их основе, потребуют корректировки в

соответствии с реестром профессиональных стандартов. Основная ошибка руководителей при разработке должностных инструкций- это ориентировка на название должности, как она заявлена в профессиональном стандарте, тогда как целесообразнее опираться прежде всего на описание функционала и, в соответствии с ним, разрабатывать инструкцию для заданной должности. Другой круг вопросов, которые необходимо учитывать, касаются тех случаев, когда профессиональный стандарт на должность еще не разработан.

В ходе работы проведен анализ практических решений предприятий в отрасли авиастроения, а также сравнение с практикой организаций смежных отраслей промышленности. Проведена сравнительная характеристика единого квалификационного справочника и профессионального стандарта, для понимания преимуществ перехода и масштаба грядущих изменений. Помимо этого, подробно рассмотрен перечень должностей, для которых профессиональный стандарт является обязательным на сегодняшний день (на примере авиационного предприятия).

Литература:

1. Хасянова А.М., Семина А.П., Федотова М.А. Разработка и внедрение профессиональных стандартов // 15-я международная конференция "Авиация и космонавтика". - М.: Типография «Люксор», 2016. - С. 707-709.

2. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

3. Семина А.П., Силантьева Е.А, Тихонов А.И. Проблемы и перспективы развития кадрового обеспечения аэрокосмической отрасли // XIII Королёвские чтения. - Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2015. - С. 234.

The use of professional standards in the aerospace industry: experience and prospects

Bakhtina A.G., Semina A.P.
MAI, Moscow

he urgency of the work is to agree on the development and updating of existing job descriptions taking into account the requirements of existing professional standards. The peculiarities and difficulties of the transition of state enterprises to professional standards are revealed (from 01.01.2020 they become mandatory). Since the application of the CEN (single qualification guide) and ETCS (single tariff-qualification guidebook) is gradually disappearing, the job descriptions developed on their basis will require adjustments in accordance with the professional standards register. The main error of managers in the development of job descriptions is orientation to the title of the post, as it is stated in the professional standard, whereas it is more expedient to rely primarily on the description of the functional and, in accordance with it, to develop instructions for the given post. Another set of issues that need to be considered relates to cases where the professional standard for the position has not yet been developed.

In the course of the work, an analysis was made of practical solutions of enterprises in the aviation industry, as well as a comparison with the practice of organizations in related industries. The comparative characteristics of a single qualification guide and a professional standard are made to understand the advantages of the transition and the scale of future changes. In addition, the list of positions for which the professional standard is mandatory for today (on the example of an aviation enterprise) is considered in detail.

References:

1. Khasyanova AM, Semina AP, Fedotova MA Development and introduction of professional standards // 15th International Conference "Aviation and Cosmonautics". - M .: The printing house "Luxor", 2016. - P. 707-709.

2. Semina AP, Fedotova MA, Tikhonov AI Personnel Training in Modern Companies: Problems and New Directions // Moscow Economic Journal. 2016. № 3. P. 33.

3. Semina A.P., Silanteva E.A., Tikhonov A.I. Problems and prospects of development of personnel support of the aerospace industry // XIII Korolev readings. - Samara: Samara National Research University named after Academician S.P. The Queen, 2015. - P. 234.

Риски при найме на работу сотрудников

Беляева В.А., Уланов А.А., Краев В.М.
МАИ, г. Москва

Кадровая безопасность и кадровый риск-менеджмент играют все большую роль в бизнес-процессе предприятий.

Риск-менеджмент - это некое неблагоприятное вероятностное событие, влияющие на бизнес процессы предприятия.

Т.е. при реализации неблагоприятных событий предприятие получает не того специалиста, но которого оно рассчитывало при подборе персонала. Риск может быть связан с реальным ущербом.

Оценить важность риск-менеджмента можно, вспомнив аварию, произошедшую в 2013 году ракеты «Протон-М», стартовавшей с космодрома Байконур.2 июля 2013 года после старта РН «Протон-М» с разгонным блоком ДМ-03 произошла авария и падение РКН на 32й секунде полёта на территории космодрома приблизительно в 2,5 км от стартового комплекса. В момент соприкосновения с землей в ракете находилось около шести сотен тонн топлива, большая часть которых сгорела при взрыве. Жертв и разрушений по информации СМИ, нет. Непосредственной причиной аварии стала нештатная (с поворотом на 180 градусов относительно нормальной) установка датчика угловых скоростей в канале рыскания системы управления, что исказило ее работу.

Операция установки приборов ранее была исключена из числа контролируемых в связи с тем, что она длительное время выполнялась без замечаний. Нештатное размещение датчика не было обнаружено и исправлено.

Таким образом, используя данную деталь, можно было бы предотвратить катастрофу и специалисты по риск-менеджменту должны были предвидеть данное стечение обстоятельств.

Найм персонала - это совокупность последовательных мероприятий по поиску, подбору и отбору персонала.

Как правило, соискатель предоставляет резюме и копии документов.

Резюме - документ, содержащий информацию о навыках, опыте работы, образовании и другую относящуюся к делу информацию, обычно требуемую при рассмотрении кандидатуры человека для найма на работу.

Как понять, что за человек перед нами по первому контакту с его резюме?

1.Креативность заполнения резюме (Теория X и Y)

2.Фотография (Внешний вид кандидата, оформление фото)

3.Грамотность речи (способ донесения информации о культуре, воспитании, моральных принципах и умении общаться с людьми)

4.Социальные сети (личные качества, увлечения)

Литература:

1.Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

2.Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли //Учебное пособие / Москва, 2017.

Risks of recruitment

Belyaeva V.A., Ulanov A.A., Kraev V.M.
MAI, Moscow

Personnel safety and personnel risk management play an increasingly important role in the business process of enterprises.

Risk management is an unfavorable probabilistic event that affects the business processes of an enterprise.

Those at realization of adverse events the enterprise receives not that expert, but which it expected at selection of the personnel. Risk can be associated with real damage.

One can estimate the importance of risk management by remembering the accident that occurred in 2013 of the Proton-M rocket, launched from the Baikonur cosmodrome. On July 2, 2013, after the launch of the Proton-M rocket with the DM-03 upper stage, an accident and a fall in the ILV 32nd second of the flight in the territory of the cosmodrome about 2.5 km from the launch complex. At the time of contact with the ground, the rocket contained about six hundred tons of fuel, most of which were burnt during the explosion. Victims and destruction according to media reports, no. The immediate cause of the accident was a non-standard (with a rotation of 180 degrees relative to normal) installation of the angular velocity sensor in the yawing channel of the control system, which distorted its operation.

The Investigative Committee noted that the operation of installing the devices had previously been excluded from the number of controlled ones due to the fact that it had been carried out without comment for a long time. For this reason, the non-standard arrangement of the sensor was not detected and corrected.

Thus, using this detail, it would be possible to prevent a catastrophe and risk management specialists should have anticipated this combination of circumstances.

Hiring staff is a combination of successive activities to find, select and select personnel.

Typically, the applicant submits summaries and copies of documents.

Summary - a document containing information on skills, work experience, education and other relevant information, usually required when considering a person's job offer.

How to understand what kind of person is before us on the first contact with his resume?

1. The efficiency of filling out summaries (Theory X and Y)

2.Photography (Appearance of the candidate, photo design)

3.Gramotnost speech (the way to convey information about culture, education, moral principles and the ability to communicate with people)

4.Social networks (personal qualities, hobbies)

Управление знаниями в проектной команде

[1]Береза А.И., [2]Кощеева Е.О., [1]Федотова М.А.
[1]МАИ, [2]РУТ (МИИТ), г. Москва

Стремительное развитие информационного общества во многом обусловлено процессом глобализации и сменой технологического уклада. Благодаря теории больших экономических циклов ученого-экономиста Н.Д. Кондратьева, такие циклы сопровождаются кризисами, подобными сегодняшнему, за которыми следует этап перехода производительных сил на более высокий уровень развития. В эпоху знаний ключевым аспектом в системе формирования активов компании являются знания, а интеллектуальными ресурсами выступают проводники идей – проектная команда.

Основоположник менеджмента знаний Карл Виг выделял три основных направления, по которым развивалась теория и практика управления знаниями на Западе: информационный, организационный и интеллектуальный подходы. Однако в конце 20 – начале 21 века в научной среде сформировалась определенная система знаний как институционная среда развития знаний. В европейском руководстве (англ. European Guide to good Practice in Knowledge Management) по практике управления знаниями одна из частей посвящена формированию корпоративной культуры на основе управления знаниями, а знание определяется как комбинация данных и информации, которой добавленное мнение эксперта, навыки и опыт, используемые для роста человеческого потенциала, может использоваться при принятии решений.

На сегодняшний день в постиндустриальном менеджменте понятие управление знаниями приобретает новую форму – преобразование накопленного опыта, ценностей, информации и способностей участников команды в новые ценности для повышения

производительности и конкурентоспособности интеллектуальных активов фирмы. Взаимодействие и сотрудничество предприятий в основе управления знаниями заключается в разработке инновационного решения посредством инструментов и техник с возможностью рассмотрения как в компании, так и на межорганизационном уровне. Перед проектными командами зачастую ставятся задачи стратегического развития, развитие продукта и обучение персонала. Так, например, для конкретного долгосрочного плана достижения некоторой цели используются мнения экспертов, сообщество практиков и базы знаний для могут быть применимы для эффективной разработки продукта. Для решения проблемы производительности труда, экономии на подготовке новых сотрудников, а также снижения коэффициента текучести кадров применяется четкая методика, известная как «разбор полетов» (англ. After Action Review, AAR).

Knowledge management in the project team

[1]Bereza A.I., [2]Koscheeva E.O., [1]Fedotova M.A.
[1]MAI, [2]RUT (MIIT), Moscow

The rapid development of the information society is largely due to globalization and a change in the technological structure. Thanks to the theory of large economic cycles of the economist Nikolay Kondratieff, such cycles are accompanied by crises similar to those of today, followed by a stage of transition of productive forces to a higher level of development. In the era of knowledge, intellectually speaking, the conductors of ideas are the project team.

The founder of knowledge management, Karl Wiig, identified three main areas in which the theory and practice of management in the West developed: informational, organizational, and intellectual approaches. However, at the end of the 20th and the beginning of the 21st centuries a certain system of knowledge was formed in the scientific environment as an institutional environment for the development of knowledge. The European leadership on knowledge management practices and technologies and knowledge that use expert opinion, skills and experience to increase human potential can be used in decision making.

To date, in post-industrial management. Managing investments into new values - transforming the accumulated experience, values, information and capabilities of participants into new values to increase the productivity and competitiveness of the firm’s intellectual assets. Collaboration and collaboration in knowledge management is to develop an innovative solution using technologies and technologies. Before project development strategies, staff development and training. For example, for a specific long-term plan to achieve all the goals of experts, the community of practitioners and basic knowledge. To solve the problem of labor productivity, saving oncoming employees, as well as reducing the quality of staff turnover with the help of a clear methodology known as “After Action Review” (AAR).

Актуальность внедрения системы сбалансированных показателей для эффективного стратегического управления предприятиями аэрокосмического комплекса

Болдова М.Д., Ермакова О.В.
МАИ, г. Москва

В последние несколько десятилетий появилось множество новых управленческих концепций: подход «точно-во-время», всеобщее управление качеством, реинжиниринг бизнес-процессов, школы стратегического планирования и др. Эти методы постоянно уточняются и модернизируются в связи с быстроизменяющимися условиями рынка.

По мнению экспертов, наиболее надежным подходом для разработки методики управления предприятиями аэрокосмического комплекса в России должна стать Сбалансированная система показателей (ССП).

ССП – система, позволяющая обеспечить мониторинг деятельности предприятия, посредством превращения его стратегических целей в систематизированный план оперативной деятельности подразделений, и оценить результаты с точки зрения реализации стратегии с помощью ключевых показателей эффективности.

Оценивая эффективность работы своего предприятия, руководитель чаще всего ориентируется на хозяйственные показатели его деятельности и финансовую устойчивость, однако этого явно недостаточно, чтобы в полной мере оценить текущее положение. Существует четыре дополнительных нефинансовых показателя, которые необходимо учитывать для анализа компании и достижения ею поставленных целей:

1. Финансы – позволяют ответить на вопрос «Как акционеры оценивают предприятие, и насколько они готовы вложить в него деньги?».

2. Потребитель – дает понять, чем предприятие может заинтересовать нового клиента, удержать старого и, тем самым, улучшить свои финансовые показатели.

3. Бизнес-процессы – показывают, какие внутренние процессы играют наиболее важную роль для обеспечения конкурентоспособности предприятия.

4. Развитие – выявляет знания, умения, технологии и другие нематериальные активы, с помощью которых предприятие сможет реализовать свои конкурентные преимущества.

Сбалансированная система показателей открывает перед руководителем полную картину бизнеса. С ее помощью можно упредить появление незапланированных и критических ситуаций. Эта концепция позволяет обеспечить решение главной управленческой проблемы – объединить процессы предприятия и действия персонала в единую стратегию.

The relevance of the implementation of the balanced scorecard for effective strategic management of the enterprises of an aerospace complex

Boldova M.D., Ermakova O.V.
MAI, Moscow

In the past few decades, many new management concepts have emerged: the "just-in-time" approach, general quality management, business process reengineering, strategic planning schools, etc. These methods are constantly refined and modernized in connection with the rapidly changing market conditions.

According to experts, the Balanced Scorecard (BSC) should be the most reliable approach for developing a methodology for managing aerospace enterprises in Russia.

Balanced Scorecard is a system that monitors the activities of an enterprise, turning its strategic goals into a systematic operational plan for the divisions, and evaluates the results from the perspective of implementing strategies through key performance indicators.

Evaluating the efficiency of its enterprise, the manager most often focuses on the economic performance of his business and financial stability, but this is not enough, to fully assess the current situation. There are four additional non-financial indicators that must be taken into account for analysis and achievement of the set goals:

1. Finance - allow you to answer the question "How do shareholders evaluate the enterprise, and how much they are willing to invest money in it?”

2. Consumer - makes it clear in what way an enterprise can interest a new customer, keep an old partner and, thereby, improve their financial performance.

3. Business processes - show which internal processes play the most important role for ensuring the competitiveness of the enterprise.

4. Development - reveals knowledge, skills, technology and other intangible assets, through which the company will be able to realize its competitive advantages.

A Balanced Scorecard opens a complete picture of the business to the manager. With its help it is possible to prevent the emergence of unplanned and critical situations. This concept is the solution of the main management issue: "How to combine the processes of the enterprise and the actions of personnel in a single strategy?"

Алгоритм формирования системы показателей мониторинга и контроля выполнения Программы развития отрасли авиационной промышленности

Бондаренко А.В.
МАИ, г. Москва

Роль авиационной промышленности как высокотехнологичной отрасли экономики в обеспечении устойчивого развития страны, достижении национальных интересов и суверенитета возрастает с каждым годом. Мероприятия и направления развития отрасли представлены в Программе её развития на 2013-2025гг. Программа не содержит механизма, позволяющего предприятиям отрасли оценивать результаты их деятельности в соответствии с целевыми ориентирами.

С целью своевременного контроля и мониторинга выполнения плановых заданий Программы на уровне предприятий отрасли и их управляющих организаций, необходимо отобрать такие показатели Программы, которые позволят увязать их и сопоставить с фактическими результирующими показателями деятельности предприятий. Для этого предлагается ряд процедур:

1) Анализ показателей Программы;

2) Выбор базового состава показателей с учётом критериев: - показатель присутствует во всех анализируемых подпрограммах; - наличие, доступность получения исходных данных для проведения расчётов как по отрасли, так и по предприятию; - сопоставимость;

• Выбор абсолютных базовых показателей Программы, используемых в дальнейшем в качестве исходных данных на 3 этапе, например, выручка от продаж, численность работников общепрограммная;

• Отбор относительных базовых показателей Программы, например, производительность труда, рентабельность продаж и активов;

3) Используя показатели 2 этапа рассчитываются:

• Дополнительные абсолютные расчётные показатели, используемые на следующих этапах: численность работников по подпрограммам, чистая прибыль, себестоимость с учётом налога на прибыль, стоимость активов;

• Дополнительные относительные расчётные показатели, включаемые в перечень: рентабельность персонала по чистой прибыли, чистая рентабельность производственных затрат с учётом налога на прибыль, фондовооруженность труда активам, показатель соотношения стоимости активов и численности работников, соотношения себестоимости с учётом налога на прибыль и численности работников, соотношения стоимости активов и себестоимости с учётом налога на прибыль, соотношения стоимости активов и выручки от продаж. Часть данных показателей впервые вводятся в практику экономических расчётов.

Таким образом, система позволит учесть вклад каждого предприятия в реализацию Программы и оценить результативность её выполнения предприятиями отрасли.

Algorithm for the formation of a system of indicators' monitoring and performance control of the Aviation industry development program

Bondarenko A.V.
MAI, Moscow

The importance of the aviation industry as a hi-tech sphere of the economy in providing sustainable development of a country, of an achievement of national interests and sovereignty, increases every year. Actions and directions of the development of the industry are presented in the Program of its development for 2013-2025. The program does not include a mechanism that allows the industry to assess the results of their activities in accordance with the targets.

For the purpose of timely control and progress monitoring of the target plans of the Program at the level of the industry enterprises and their managing organizations, it is necessary to select such indicators of the Program that will allow them to be linked and compared with the actual resulting performance indicators of the enterprises. A number of procedures are proposed for this:

1) Analysis of the Program indicators;

2) The option of the basic composition of indicators, taking into account the following criteria: - the indicator is presented in all the subprograms under analysis; - the availability, accessibility of obtaining the initial data for the calculation of both the industry and the enterprise; - comparability;

• Selection of absolute basic indicators of the Program, used in the future as initial data in the 3 stage, for example, sales revenue, number of employees in the program;

• Selection of relative basic indicators of the Program, for example, labor productivity, profitability of sales and assets;

3) Using the indicators of the 2 stage It is calculated:

• Additional absolute estimate indicators used at the following stages: number of employees by subprograms, net profit, cost price including profit tax, value of assets;

• Additional relative estimate indicators included in the following list: staff profitability by net profit, net profitability of production costs considering the profit tax, the labor asset ratio to assets, the ratio of the value of assets and the number of employees, the cost price, taking into account the profit tax and the number of employees, the cost of assets and costs to the income tax, the value of assets and sales. Some of these indicators are first introduced into the practice of economic calculations.

Thus, the system will allow to consider the contribution of each enterprise to the implementation of the Program and estimate the effectiveness of its implementation by the industry enterprises.

Совершенствование организационно-правовых основ космической деятельности Российской Федерации

Бондаренко А.В.
Фонд «ПГУ», г. Москва

Настоящие тезисы представляют собой совокупность теоретических положений и практических рекомендаций, связанных общей логикой и целеполаганием, по вопросу совершенствования организационно-правовых основ космической деятельности России с учетом больших вызовов и угроз для национальной безопасности, национальных целей стратегического развития и важнейших задач, стоящих перед аэрокосмическим комплексом.

Основная цель тезисов – обобщить имеющийся материал, изложить его суть в кратких формулировках, глубоко разобраться в вопросе, проанализировать его и создать предпосылки для масштабной дискуссии в экспертном сообществе для последующей разработки и принятия мер политического, стратегического и организационно-управленческого (распорядительного) характера по вопросу дальнейшего совершенствования организационно-правовых основ национальной космической деятельности России в обеспечение национальных интересов и стратегических национальных приоритетов, реализации программ и планов стратегического развития, повышения эффективности и глобальной конкурентоспособности предприятий аэрокосмического комплекса, включая предприятия ракетно-космической промышленности Российской Федерации.

В целях обеспечения надлежащих правовых условий развития аэрокосмического комплекса России автор предлагает разработать и принять Космический кодекс Российской Федерации, или Кодекс космической деятельности Российской Федерации, всеобъемлющий законодательный акт, который бы систематизировал нормы российского законодательства в области космической деятельности, был бы направлен на обеспечение национальных интересов и реализацию стратегических национальных приоритетов России, обеспечение национальной безопасности и достижение национальных целей стратегического развития, учитывал бы растущую сложность, межотраслевой и многоаспектный характер предмета правового регулирования, современные и перспективные международные политико-правовые режимы регулирования мировой космической деятельности, динамику совершенствования норм международного

космического права, заполнил бы правовые лакуны в действующем законодательстве Российской Федерации.

Кроме того, учитывая объективную потребность России в едином центре координации и руководства национальной космической деятельностью, автор предлагает создать Национальный совет по космосу при Президенте Российской Федерации, в то время как аналогичный совет воссоздан и уже функционирует при главе государства основного геополитического и геоэкономического конкурента.

Improvement of the organizational and legal basics of the space activities of the Russian Federation

Bondarenko A.V.
Educational Foundation for Higher Education «First Civil University», Moscow

The present theses of the scientific report represent a set of theoretical propositions and practical recommendations related to general logic and goal-setting, on the improvement of the organizational and legal foundations of Russia's space activities, taking into account the great challenges and threats to national security, the national goals of strategic development and the most important tasks facing the aerospace complex.

The main goal of the theses is to summarize the material available, present its essence in brief formulations, thoroughly understand the issue, analyze it and create prerequisites for a large-scale discussion in the expert community for the subsequent development and adoption of measures for a political, strategic and organizational-managerial (administrative) nature on the further improvement of the organizational and legal basics of the national space activities of Russia in ensuring national interests and strategic national priorities, programs and strategic development plans, improving efficiency and global competitiveness of the enterprises of aerospace complex, including the enterprises of the Russian space-rocket industry.

In order to ensure proper legal conditions for the development of the aerospace complex of Russia, the author proposes to develop and adopt a Space Code of the Russian Federation, or a Code of Space Activities of the Russian Federation, a comprehensive legislative act that would systematize the norms of Russian legislation in the field of space activities, would be aimed at ensuring national interests and implementing Russia's strategic national priorities, ensuring national security and achievement of national strategic development goals, would take into account the growing complexity, interdisciplinary and multidimensional nature of the subject of legal regulation, contemporary and perspective international political and legal regimes for governing global space activities, dynamics of improving norms of the international space law, would fill legal gaps in the current legislation of the Russian Federation.

In addition, taking into account Russia's objective need for a single center for coordination and leadership of national space activities, the author proposes the creation of a National Space Council under the President of the Russian Federation, whereas a similar council was re-established and already functioning under under the head of state of the main geopolitical and geoeconomic competitor.

Теоретические подходы к оценке инвестиционной привлекательности российских регионов

Брант В.А., Тихонов Г.В.
МАИ, г. Москва

Под инвестиционной привлекательностью экономики понимается способность региона воспринять и освоить определенный объем инвестиций. Факторами, формирующими степень инвестиционной привлекательности регионов страны, выступают: уровень развития региональной экономики, включая сюда специфику отраслевой структуры производства; развитие инфраструктуры региона, включая все ее основные составляющие: техническая инфраструктура, производственная инфраструктура и так далее.

Можно выделить два подхода к оценке инвестиционной привлекательности региона. Первый подход связан с оценкой производственного потенциала региона, способностью экономики региона освоить эффективно определенный объем потенциально возможных инвестиционных ресурсов. При этом подходе проводится ранжирование регионов страны по уровню способности к «поглощению» инвестиций. Ранжирование опирается на оценку места (ранга) данного региона в стране и определяется по месту, занимаемому регионом в совокупности территориальных образований. В расчет принимаются важнейшие факторы, формирующие условия производства и инвестиционную привлекательность региона. При выделении важнейших факторов автор опирается на схему взаимосвязи факторов, разработанную российскими экономистами.

Второй подход связан с рыночным признанием данного региона как объекта приложения инвестиционных ресурсов. Он предполагает наблюдение за фактическим потоком иностранных инвестиций, что объективно отражает привлекательность экономики данного региона для инвесторов.

Разница в оценке местоположения региона, исчисленная по этим двум подходам, отражает нереализованные возможности региона с точки зрения привлечения инвестиций в экономическое развитие.

Модель оценки востребованности экономики региона к инвестициям базируется на учете шести основных факторов:

1. Население.
2. Территория и природно-географические условия проживания.
3. Экономика региона.
4. Обобщенная оценка инфраструктуры региона.
5. Оценка инновационности региона.
6. Оценка уровня управления.

Итоговая оценка представляет собой оценку текущего и прогнозного стратегического потенциала региона. Чем выше относительный статус региона в рейтинге, тем выше его способность улучшать качество жизни населения и управлять рисками развития.

Theoretical approaches to assessing the investment attractiveness of Russian regions

Brant V.A., Tikhonov G.V.
MAI, Moscow

The investment attractiveness of the economy is understood as the ability of the region to absorb a certain amount of investment. Factors forming the degree of investment attractiveness of the country's regions are: the level of development of the regional economy, including the specifics of the industrial structure of production; development of the region's infrastructure, including all its main components: technical infrastructure, production infrastructure and so on.

There are two approaches to assessing the investment attractiveness of the region. The first approach is connected with the assessment of the region's production potential, the ability of the region's economy to master an effectively defined volume of potentially possible investment resources. The ranking is based on the assessment of the place (rank) of the given region in the country and is determined by the place occupied by the region in the aggregate of territorial entities. The main factors that shape the production conditions and investment attractiveness of the region are taken into account. When identifying the most important factors, the author is based on a scheme of interrelation of factors developed by Russian economists.

The second approach is connected with the market recognition of this region as an object of investment resources application. It involves monitoring the actual flow of foreign investment, which objectively reflects the attractiveness of the economy of this region to investors.

The difference in the assessment of the location of the region, calculated on these two approaches, reflects the region's unrealized potential in terms of attracting investments in economic development.

The model for assessing the regional economy's demand for investment is based on six main factors:

1. The population.
2. Territory and natural and geographical conditions of residence.
3. The economy of the region.
4. Generalized assessment of the infrastructure of the region.
5. Evaluation of innovation in the region.
6. Assessment of the level of management.

The final assessment is an assessment of the current and projected strategic potential of the region. The higher the relative status of the region in the rating, the higher its ability to improve the quality of life of the population and manage development risks.

Разработка концепции внедрения RFID-технологий в систему послепродажного обслуживания ГА РФ

Бублик Д.А.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день авиапредприятия пришли к выводу, что большим спросом будут пользоваться самолеты с минимальной стоимостью жизненного цикла и максимальным уровнем готовности. Умения производить и экономически грамотно эксплуатировать самолет приобретают особую актуальность в связи с усложнением авиатехники и ее эксплуатации.

RFID-технологии, основанные на радиочастотном излучении, привлекли внимание Airbus и Boeing возможностью осуществления мониторинга состояния элементов самолета на протяжении всего жизненного цикла. Большое расстояние считывания одновременно нескольких меток с чипом памяти, который может хранить в различных условиях окружающей среды разный объем информации с последующей возможностью внесения корректировок данных, привлекли внимание российской авиационной общественности, однако специалисты РФ столкнулись с рядом проблем. Одна из них связана с правильным выбором элементов самолетов, требующих RFID-чипирования, и типа меток: активных, пассивных или полупассивных. Для решения этой задачи предлагается использовать ABC-анализ, где критерием классификации будут цена единицы изделий и степень влияния на эксплуатацию самолета.

Упростить выбор метки и элемента поможет автоматизация процесса с помощью внедрения ABC-анализа RFID-маркирования в базу данных анализа логистической поддержки – LSA Suite. После внедрения ABC-анализа, появится возможность автоматического формирования списка элементов с подобранными RFID-метками. Хранение больших объемов информации на RFID-метках самолетов авиапредприятия будет осуществляться специализированными дата-центрами.

Тестируемое воздушное судно с промаркированными элементами должны совершать рейс только в аэродромы, оснащенные RFID-системой. Если интерпретированная RFID-ридером информация будет совпадать с данными, полученными с помощью измерительных приборов, то эксперимент будет признан успешным, и RFID-маркирование этих и других элементов подлежит продолжению. При большом отклонении параметров, от показателей, полученных при анализе состояния изделия приборами, метка подлежит замене или перепрограммированию. Проводя тестирование на гражданских самолетах, вышедших с конвейера и осуществляющих рейсы, авиапредприятие постепенно оснастит лайнеры, цеха и аэродромы RFID-системами.

Правильно разработанная концепция внедрения и эксплуатации RFID-технологий российскими авиапроизводителями способствует совершенствованию системы ППО ГА РФ и повышению конкурентоспособности гражданской авиатехники РФ нового поколения.

RFID-technologies in the after-sales service system of the Russian civil aircraft concept introduction development

Bublik D.A.
MAI, Moscow

Today the airline manufactures has come to the conclusion that aircraft with a minimum life cycle cost and maximum availability will be in greater demand. The ability to produce and economically competently produce the aircraft is becoming particularly relevant in relation to the complication of aircraft technology and its operation.

RFID technologies attracted the attention of Airbus and Boeing with possibility of monitoring the state of aircraft elements throughout the life cycle. A large distance of reading several marks with a memory chip that can store different amounts of information in different conditions, followed by making corrections to the data, attracted the attention of the Russian aviation community, but the Russian specialists encountered a number of problems. One of them connected with the correct choice of aircraft elements requiring RFID- marking, and the type of tags: active, passive or semi-passive. To solve this problem, it is proposed to use ABC-analysis, where the criterion of classification is the unit price and the degree of influence on the operation of the aircraft.

Automation of the process will help simplify the choice of tag and element by implementing ABC-analysis of RFID-marking in the database - LSA Suite. After the implementation of the ABC-analysis, it will be possible to automatically generate a list of elements with matched RFID tags. Storage of large amounts of information on RFID-tags of aircraft of the airline will be carried out by specialized data centers.

The testing aircraft with the marked elements must fly only to aerodromes equipped with an RFID-system. If the information interpreted with the RFID reader coincides with the data obtained with the help of the measuring instruments, the experiment will be recognized as successful, and RFID-marking of these and other elements will be continued. With a large deviation of the parameters, obtained from the indicators while analyzing the state of the product by instruments, the tag must be replaced or reprogrammed. Carrying out testing on civil airplanes leaving the conveyor and carrying on flights, the airline manufacture will gradually equip the airliners, workshops and airfields with RFID-systems.

Correctly developed concept of RFID introduction and operation by Russian aircraft manufacturers contributes to the improvement of the Russian Civil Aviation Control System and to the competitiveness of the new generation Russian civil aircraft.

Реорганизация цеха механической обработки деталей для изготовления фото- и электрохимических источников питания

Васимова И.Н.
МАИ, г. Москва

Цель работы - исследование динамики функционирования цеха механической обработки на предприятии АО «НПП» Квант» при помощи имитационного моделирования в среде AnyLogic, с разработкой плана реорганизации производственной структуры цеха.

Рассматриваемый цех механической обработки имеет общую площадь 3960 м2, рассчитан на более 100 единиц оборудования и предусматривает функционирование следующих участков: токарного, участка автоматов, сварочного, 2-х прессовых, слесарного, фрезерного и заготовительного. Помимо рабочих участков предусмотрены подсобные помещения и технологическая антресоль, общая высота потолков составляет 5,2 м. Средний коэффициент загрузки оборудования - 0,5, средний возраст оборудования - 30,3 лет, что более чем в 3 раза превышает нормативный срок службы металлообрабатывающего оборудования, составляющего в среднем 10 лет.

Для исследования принимается технологический процесс изготовления детали «Корпус», который включает в себя 10 операций механической обработки и является типовым для данного цеха. «Корпус» является основной деталью электрохимической

батареи и представляет собой прямоугольную призму, полую внутри в виде короба из сплава АМг6 длиной 346 мм, шириной 294 мм, высотой 188 мм.

Моделирование последовательности технологического процесса после проведения реорганизации в среде AnyLogic показало увеличение производительности цеха в 2,5 раза по сравнению с исходными фактическими данными.

Для оценки стоимости работ составлен локальный сметный расчет на приобретение и монтаж оборудования цеха «под ключ» по средним ценам работ за 2017 год, который включает демонтаж существующего оборудования, перемещение участков с подведением необходимых сооружений. Сметная стоимость капитальных затрат составила 35 306 869 рублей, по расчётным данным, все затраты на приобретение нового оборудования, его доставку и установку окупятся за 4,5 года.

В составленном плане перепланировки участков, с учётом сохранения их функциональности, потребная производственная площадь составила 1900 м2, в расчёте 16 м2 на единицу оборудования.

Созданные имитационные модели в среде AnyLogic визуально отражают факторы, оказывающие негативное влияние на работу цеха, для устранения которых составлен план-проект реорганизации. Эффективность проекта обосновывается уменьшением финансовых и временных затрат на производственный цикл изделий, увеличением производительности и освобождением производственных площадей, достаточных для размещения новых поточных линий.

Reorganization of the workshop machining parts for the manufacture of photo- and electrochemical power sources

Vasimova I.N.
MAI, Moscow

This article is devoted to the possibility of using simulation modeling in AnyLogic software environment to optimize the work of high-tech enterprises. The purpose of the work is to develop a plan for the reorganization of the existing machining workshop, the company JSC “NPP "Kvant" with the use of simulation tools. AnyLogic is a simulation tool of the latest generation, based on the results obtained in modeling theory and information technology over the past decade. Through a series of simulation experiments a number of shortcomings in the organizational structure and distribution of production facilities were identified, and the optimization problem regarding the number of equipment was solved. On the basis of the conducted experiments, a reorganization plan was drawn up, which provides for the correction of equipment arrangement and location of sites, improvement of working conditions in the workplace, the introduction of a system of rapid transportation of workpieces and parts. It is noted that the change in the location of the sites, the modernization of equipment and increase its load can improve the efficiency of interaction of departments, optimize financial and time costs, as well as to expand the range of products. The created simulation models visually reflect the factors that have a negative impact on the work of the shop, for the elimination of which a plan-project of reorganization is made.

This article is about imitation modelling in the environment of AnyLogic for optimization of work of workshops of the hi-tech enterprises. It is told how by means of this instrument of modeling shortcomings of organizational structure and distribution of floor spaces of the workshop of machining come to light. On the basis of the analysis of dynamics of functioning of productions according to imitating modeling the plan of reorganization providing increase in productivity of the workshop by increase in loading and decrease in equipment downtime, re-planning of sites for elimination of irrationally used areas, re-equipment of the park the equipment for the purpose of increase in production capacities is formed. In conclusions of article it is specified that modeling of the workshop in the environment of AnyLogic has allowed to increase efficiency of interaction of divisions, to optimize financial and time expenditure and also to expand the range of products.

Анализ рынка образовательных услуг в России

Вахрушева Л.С., Абузова Л.А.
МАИ, г. Москва

С раннего возраста мы становимся потребителями образовательных услуг, когда родители отдают нас в детский сад, или в школу. Со временем наши потребности в знаниях становятся больше, мы, получаем среднее образование, потом получаем профессию, затем повышаем квалификацию, сертифицируемся, стажируемся. Все это время мы имеем дело с рынком образовательных услуг, а он, в свою очередь, тесно связан с рынком труда, и со всей экономикой в целом.

Рынок образовательных услуг - взаимодействие между спросом и предложением образовательной системы. В данной системе существуют посредники образовательных услуг, которыми являются: биржи труда, органы регистрации, ассоциации образовательных учреждений и предприятий, специализированные образовательные центры и др.

Развитие науки и образования в стране является объектом многих исследований на протяжении многих лет, так как образование само по себе является стратегически важным ресурсом любого государства.

Как студентам, обучающимся на экономическом факультете, нам бы хотелось провести анализ социально-гуманитарных институтов. И для начала следует рассмотреть классификацию ВУЗов.

В настоящее время в Российской Федерации существуют следующие виды высших учебных заведений: федеральный университет, национальный исследовательский университет, академия, Институт.

Также высшие учебные заведения подразделяются по форме собственности на государственные и негосударственные.

Если зайти на сайты разных ВУЗов, то в каждом из них можно найти факультет с экономической направленностью. Заметим, что такая тенденция наблюдается не только в гуманитарных, но и технических институтах и университетах. Это подтверждает тот факт, что экономика играет немалую роль в Государстве, и что хорошие экономисты наиболее востребованы в наше время. Приведём в пример один из ведущих технических ВУЗов России – Московский авиационный институт (НИУ). Один из его факультетов – Институт инженерной экономики и гуманитарных наук - тесно связан с экономикой в сфере авиации и космонавтики. Хороший специалист в этой сфере должен не только знать конструкцию и характер полёта летательного аппарата, но и, например, уметь правильно рассчитать его начальную стоимость и эффективность его использования, т.е. затраты на его эксплуатацию.

Рынок образовательных услуг в России очень разнообразен. Высшие учебные заведения нашей страны предлагают «потребителям» обширный спектр специальностей.

Analysis of the educational services market in Russia

Vakhrusheva L.S., Abuzova L.A.
MAI, Moscow

From an early age we become consumers of educational services when parents send us to kindergarten, or to school. Over time, our knowledge needs become more, we get a secondary education, then we get a profession, then we improve our qualifications, we certify, we train. All this time we are dealing with the educational market, and he, in turn, is closely connected with the labor market, and with the entire economy as a whole.

The market for educational services is the interaction between demand and a secure system. In this system there are intermediate educational services, which are: labor exchanges, registration authorities, associations of educational institutions and enterprises, specialized educational centers, etc.

The development of science and education in the country is a strategic important resource of any state.

As students studying at the Faculty of Economics, we would like to conduct an analysis of social and humanitarian institutions. And first we should consider the classification of universities.

Currently in the Russian Federation there are the following types of higher education institutions: Federal University, National Research University, Academy, Institute.

Also, higher education institutions are divided according to the form of ownership in state and non-state.

If you go to the sites of different universities, then in each of them you can find a faculty with an economic focus. Note that this trend is observed not only in humanitarian, but also technical institutes and universities. This confirms the fact that the economy plays a significant role in the State, and that good economists are most in demand in our time. Let us cite as an example one of the leading technical universities of Russia - the Moscow Aviation Institute (NRU). One of his faculties, the Institute of Engineering Economics and Humanities, is closely connected with economics in the field of aviation and astronautics. A good specialist in this field must not only know the design and character of the flight of the aircraft, but also, for example, be able to correctly calculate its initial cost and the efficiency of its use, i.e. the cost of its operation.

The market for educational services in Russia is very diverse. Higher education institutions in our country offer “consumers” a wide range of specialties.

Анализ лингвистического аспекта формирования профессиональных компетенций при обучении иностранным языкам студентов аэрокосмических специальностей МАИ (НИУ)

Власова С.В.
МАИ, г. Москва

Рассматривая Московский Авиационный Институт (МАИ) как площадку подготовки инженерной элиты для аэрокосмических отраслей промышленности, мы уделяем особое внимание фактору конкурентоспособности государства, когда, по словам Путина В.В., качество подготовки инженерных кадров становится одним из основополагающих моментов.

В статье показана необходимость особого педагогического подхода - интеграции лингвистической составляющей обучения иностранным языкам в формирование профессиональных компетенций у студентов аэрокосмических направлений МАИ (НИУ).

Показаны особенности обучения иностранным языкам студентов целевого набора для Минпромторга России, госкорпораций «Роскосмос», «Росатом», «Ростех».

От инженера будущего требуется не только растущий с каждым годом объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, который невозможен без владения иностранными языками на уровне технического перевода узкоспециализированных текстов, но и лингвострановедческие знания, способность выразить свою идею на чужом языке, ораторские способности. В статье даны конкретные примеры организации работы со студентами при переводе патентов, видеоматериалов, инструкций.

В статье уделяется внимание таким понятиям, как «интеллект» и «знания». Анализируются труды ученых в контексте лингвистического аспекта извлечения и передачи знаний при обучении иностранным языкам студентов технических кафедр аэрокосмических специальностей МАИ (НИУ). Рассматриваются термины «языковой барьер», «невербальные компоненты», «семантическая сеть».

Выявляются основные проблемы при обучении иностранным языкам студентов технических специальностей: отсутствие базы знаний по специальности, неадекватная интерпретация терминов при работе с первоисточниками, малая возможность применять лексику по специальности в реальных условиях. Показаны пути решения.

Делается вывод о важности лингвистического аспекта в процессе особого педагогического подхода в обучении иностранным языкам студентов инженерных кафедр МАИ (НИУ).

Analyzing the linguistic aspects of professional competence training when teaching foreign languages to aerospace engineering students

Vlasova S.V.
MAI, Moscow

Considering the Moscow Aviation Institute (MAI) as a platform for training the engineering elite for aerospace industries, we pay special attention to the factor of competitiveness of the Russian Federation, when, according to Putin, the quality of training of engineering personnel becomes one of the fundamental points.

The article shows the need of a special pedagogical approach - the integrating of linguistic component of teaching foreign languages into the professional competencies formation for aerospace departments students of MAI (NRU).

The features of teaching foreign languages to students of the contract student for the Ministry of industry and trade of Russia, state corporations “Roscosmos”, “Rosatom”, “Rostec” are shown.

The engineer of the future must not only increase the volume of research and development work every year, which is impossible without knowledge of a foreign language for translation of highly specialized texts, but also there is the need for linguistic and cultural knowledge, the ability to express an idea for public in a foreign language. The article gives specific examples of the organization of students training when translating patents, videos, manuals.

The article focuses on such concepts as “intelligence” and “knowledge”. The works of scientists in the context of linguistic aspect of knowledge extraction and transfer when teaching foreign language to students of technical departments of aerospace specialties of MAI (NRU) are analyzed. The terms “language barrier”, “nonverbal components”, “semantic network” are considered.

The main problems in teaching foreign languages to engineering students are identified: the absence of essential technical knowledge base, inadequate interpretation of glossary when working with foreign language sources, a lack of opportunity to use target language in real life. The ways of solution are shown.

The conclusion about the importance of linguistic aspect integrated in special pedagogical approach when teaching foreign languages to students of engineering departments of MAI (NRU) is made.

Особенности адаптации персонала на предприятиях аэрокосмической отрасли

Вовк В.Ю., Головина Е.С., Просвирина Н.В.
МАИ, г. Москва

В современных условиях рыночной экономики для успешного функционирования организации необходимо обладать высокой конкурентоспособностью. Одну из ключевых ролей в этом играет человеческий капитал. Под адаптацией понимается комплекс мер, направленных на помощь сотруднику в приспособлении к новым условиям на рабочем месте.

Целью исследования является изучение и анализ особенностей адаптации персонала на предприятиях аэрокосмической отрасли, являющейся одной из важнейших в Российской Федерации. Предприятия аэрокосмической промышленности уделяют значительное внимание процессу адаптации персонала, которая имеет ряд особенностей в связи со спецификой отрасли. Необходимо учитывать сложный процесс поиска необходимой для сотрудника информации. Зачастую имеющиеся компетенции не соответствуют уровню сложности заданий. Нужно тщательнее подходить к наставничеству. Важно умение раскрыть интеллектуальный потенциала каждого работника для повышения производительности всего предприятия и др. На предприятиях аэрокосмической отрасли невнимательное отношение к адаптации может повлечь большие убытки из-за ошибок. Часть людей уходит как раз в период адаптации, так как не справляется с возложенной на них ответственностью в малые сроки, не ощущают единство с организацией. Такие ситуации повышают расходы на поиск и наем персонала и

отнимают время. В аэрокосмической сфере вопрос совместимости кандидата с предприятием особенно важен, так как желающих получить должность в крупной успешной организации много. Необходимо, чтобы помимо всех преимуществ кандидат имел общие с предприятием цели. Адаптация включает психологический аспект, помогая сотруднику быстро влиться в коллектив. Заключительная особенность – сочетание различных методов адаптации и дифференциация способов в зависимости от должности работника.

Таким образом, учет особенностей адаптации на предприятиях аэрокосмической отрасли способен минимизировать убытки, обеспечить эффективную деятельность, повысить имидж организации и ее конкурентоспособность.

Литература:

1. Федотова М.А., Тихонов А.И., Новиков С.В. Оценка эффективности управления персоналом на предприятиях авиастроения // СТИН. 2017. № 12. С. 6-8.

2. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс. Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

Features of personnel adaptation in aerospace enterprises

Vovk V.Y., Golovina E.S., Prosvirina N.V.

MAI, Moscow

In modern conditions of market economy for the successful functioning of the organization, it is necessary to have high competitiveness. Human capital plays a key role in this. Under the adaptation refers to a set of measures aimed at helping the employee in adapting to new conditions in the workplace.

The aim of the study is to study and analyze the characteristics of personnel adaptation in the enterprises of the aerospace industry, which is one of the most important in the Russian Federation. Aerospace enterprises pay considerable attention to the process of adaptation of personnel, which has a number of features due to the specifics of the industry. It is necessary to take into account the complex process of finding the necessary information for the employee. Often, existing competencies do not correspond to the level of complexity of the tasks. You need to be more careful in mentoring. It is important to unleash the intellectual potential of each employee to increase the productivity of the entire enterprise, etc. At the aerospace industry enterprises, inattention to adaptation can lead to large losses due to errors. Some people leave just in the period of adaptation, because they do not cope with the responsibility assigned to them in a short time, they do not feel unity with the organization. Such situations increase the cost of finding and hiring staff and take time. In the aerospace field, the issue of compatibility of a candidate with an enterprise is especially important, since there are many people who want to get a position in a large successful organization. It is necessary that in addition to all the advantages the candidate should have common goals with the company. Adaptation includes a psychological aspect, helping the employee to quickly join the team. The final feature is a combination of various methods of adaptation and differentiation of methods depending on the position of the employee.

Thus, taking into account the peculiarities of adaptation at aerospace enterprises is able to minimize losses, ensure effective operations, improve the image of the organization and its competitiveness.

References:

1. Fedotova M.A., Tikhonov A.I., Novikov S.V. Evaluation of the effectiveness of personnel management at the enterprises of aircraft industry // STIN. 2017. No. 12. P. 6-8.

2. Kraev V.M., Fedotova M.A., Tikhonov A.I. Personnel management in the aerospace industry. basic course. Study Guide / Stavropol. - LOGOS. - 2018. - 108 p.

Экспрессивность текстов авиационной тематики на русском и английском языках

Волкова Е.Б.
МАИ, г. Москва

Тексты авиационной тематики на русском и английском языках, как правило, написаны строгим научным стилем. «Он ёмок, чёток, лаконичен, изобилует терминами и специфическими фразеологическими оборотами». Казалось бы, в нём нет места проявлениям образности, эмоциональности. Тем не менее, некоторые экспрессивные средства используются в текстах авиационной тематики, они имеют свою специфику и в русском, и в английском языках.

Эмоциональная функция языка «является одним из способов реализации более объемлющей коммуникативной функции языка». Для того, чтобы сложный материал был прочитан и, главное, адекватно понят читателем, автору следует расставить необходимые акценты в ходе повествования. Таким образом внимание читателя сосредотачивается на важных ключевых моментах, он убеждается в справедливости аргументов автора. Кроме того, в текстах авиационной тематики часто сравниваются различные способы решения определённой проблемы. Для чёткого выражения и обоснования позиции автора и нужны различные стилистические приёмы эмоционального воздействия на читателя.

В английском и русском языках есть как общие, так и различные стилистические способы придания экспрессивной окраски текстам авиационной тематики. Так, в обоих языках для этой цели используются лексические повторы, развёрнутые вариативные повторы, слова с усилительной и ограничительной семантикой, суперлятивы, вводные слова и словосочетания, эмоционально-экспрессивная лексика и др.. Для англоязычных текстов авиационной тематики также используются и такие приёмы усиления эмоциональной окраски, как эмфатические обороты, намеренное изменение порядка слов, избыточная постановка вспомогательного глагола. Все эти стилистические особенности необходимо учитывать при обучении студентов авиационных вузов чтению и переводу специализированных текстов, при подготовке научных статей, докладов и презентаций по специальности.

Expressiveness of texts on aviation subjects in Russian and English languages

Volkova E.B.
MAI, Moscow

As a rule, the texts on aviation subjects are written in a strict scientific style. “It is capacious, distinct, laconic, abound in terms and specific phraseological expressions”. It might seem that there is no place for figurativeness, emotionality. Nevertheless, some expressive means are used in the texts on aviation subjects, they have some peculiarities both in Russian and in English.

The emotional function of the language “is one of the means of implementation of the more comprehensive language functions”. For the difficult material to be read and, above all, to be appropriately understood by the reader, the author should put the necessary accents in the course of narration. In such manner the readers’ attention concentrates on the important key points, he becomes convinced of the correctness of the author’s arguments. Moreover, different ways of solving some problem are often compared in the texts of aviation subjects. To express and substantiate the author’s attitude clearly the different stylistic techniques of emotional influence on the reader are needed.

In Russian and English there are as common as well as different stylistic ways of adding expressive coloring to the texts of aviation subjects. So, in both languages lexical repetitions, comprehensive variable repetitions, words with intensifying and restricting semantics, superlatives, parenthetical words, emotional and emphatic lexis etc. are used for this purpose. For English texts on aviation subjects such intensifying emotional coloring techniques as emphatic expressions, intentional change of the word order, excessive use of the auxiliary verb are applied. It is necessary to take into account all these stylistic peculiarities while teaching the students of aviation institutes to read and translate the specialized texts, preparing scientific articles, reports and presentations concerning the subject.

Укрупненный расчёт трудоемкости ОКР и производства космических аппаратов в рамках оценки реализуемости мероприятий стратегических планов технологического развития РКП

Галкин Н.А., Чирюкин Е.В., Свиридова Е.С., Митин Н.Н.

НПО «Техномаш», г. Москва

В целях оценки реализуемости и готовности предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) и смежных отраслей к выполнению государственной программы по созданию ракетно-космической техники (РКТ), выполняется оценка загрузки производственных возможностей в области трудозатрат на опытно-конструкторские работы (ОКР) и производство космических аппаратов (КА).

Данная задача решается путем оценки соответствия производственных возможностей головных предприятий-изготовителей РКТ федеральной целевой и государственной программам, которые определяют требуемую номенклатуру и количество изделий, а также сроки их изготовления.

В алгоритме определения трудозатрат на изготовление КА изложена последовательность расчёта трудозатрат классификационных групп, содержащих тактико-технические характеристики изделий. Исходными данными по фактической и плановой трудоёмкости изготовления КА на предприятиях-изготовителях послужили как серийные изделия, так и изделия, находящиеся в ОКР.

В качестве расчётной принимается трудоёмкость изготовления первого изделия для летно-конструкторских испытаний как при запуске одного КА, так и нескольких одной ракетой-носителем.

Расчёт по предлагаемому алгоритму характеризуется достаточной степенью проработки технических решений на стадиях технического, эскизного и рабочего проектов, также могут быть определены изделия-аналоги, коэффициенты новизны или сложности конструкции нового изделия.

Дальнейшее развитие данного алгоритма укрупненного расчёта трудоёмкости ОКР и производства КА в рамках оценки реализуемости мероприятий стратегических планов технологического развития РКП авторы видят в его автоматизации, а также в добавлении в математические модели коэффициента, характеризующего технический уровень и организацию производства на головных предприятиях-изготовителях РКТ. Предложенный алгоритм расчета трудозатрат на изготовление КА использован при оценке реализуемости программных мероприятий ФКП в 2017–2018 годах.

Расчётные оценки трудозатрат производства КА рекомендуется использовать в качестве основы при проведении технико-экономического анализа, сопоставления альтернативных вариантов проектов и разработки перспективных планов и программ. Данный алгоритм расчёта трудоёмкости повысит точность прогнозной загрузки предприятия, что позволит эффективнее сбалансировать программу производства на головных предприятиях-изготовителях РКТ.

Aggregated labor intensity calculation of development efforts and space vehicle production in the framework for feasibility evaluation of strategic projects for technological development of the aerospace industry

Galkin N.A., Chirukin E.V., Sviridova E.S., Mitin N.N.

NPO “Technomash”, Moscow

In order to evaluate the feasibility and readiness of aerospace enterprises and related industries for fulfilling the implementation of the Russian government’s space program in aerospace engineering, evaluation of production capabilities utilization with regard to labor costs in development efforts and space vehicles (SV) production is carried out.

This task can be solved by conformity assessment of manufacturing feasibilities of main manufacturing aerospace enterprises to the Federal Target and Government Programs, which determine required nomenclature and articles quantity as well as lead times.

The algorithm for labor costs estimation in space vehicle production describes labor costs calculation sequence for classification groups with articles' performance characteristics. Input data for actual and planed labor intensity of space vehicle production at manufacturing enterprises are both batch articles and articles which are in the development efforts.

A Labor intensity of the first article for flight development testing is taken as calculated labor intensity for both single space vehicle launch and multiple space vehicle launch using single launch vehicle.

The calculation using proposed algorithm is characterized by engineering solutions with greater details at technical, draft and working project stages; the analogue articles, novelty or difficulty factors of new article design can be determined.

Authors see further development of this algorithm in its automation, as well as coefficient addition to the mathematical models, which characterizes the technical level and manufacturing process management at the main aerospace manufacturing enterprises. The proposed algorithm of the labor costs calculation for space vehicle production was used for Federal Space Program feasibility assessment in 2017–2018.

Labor cost estimations for space vehicle production are recommended to use as a basis for technological and economic analysis, alternative project options comparison and long-term plans and programs development. This algorithm of the labor intensity calculation will increase the accuracy of the enterprise`s utilization forecast, that will allow to balance production program of the main aerospace manufacturing enterprises more effectively.

Классификатор НИОКР космических и промышленных технологий как инструмент анализа стратегических планов развития ракетно-космической промышленности

Гапоненко О.В., Гаврин Д.С., Свиридова Е.С.
НПО «Техномаш», г. Москва

В процессе информационно-аналитического сопровождения стратегических программ технологического развития встает задача классификации предмета исследований.

Существующая классификация НИОКР в федеральных целевых и государственных программах не в полной мере отражает структуру программных мероприятий – совокупность НИОКР технологического развития и применима только к промышленным технологиям. В федеральных целевых программах НИОКР классифицированы по целевому назначению конечных изделий.

Технологии космонавтики и промышленные технологии создания космической техники неразделимы, так как:

• Прогноз развития космических технологий без учета возможностей РКП рискует превратится в фантастику, и наоборот, развитие промышленного производства без стратегических целей в виде перспективных космических технологий ведет к созданию неэффективных производственных структур;

• Одна и та же технология в зависимости от этапа жизненного цикла изделия космической техники может быть отнесена и к целевой технологии, и к технологии промышленного производства;

• Прогнозируется развитие технологий производства и ремонта космической техники непосредственно на орбите.

Существует необходимость единого классификатора для ФКП, целевых государственных программ в части разделов НИОКР.

В работе предложен единый классификатор космических и промышленных технологий. За основу взяты классификационные признаки технологий, используемые NASA в технологических дорожных картах 2015 года. В американских дорожных картах содержится 15 направлений развития космических технологий, но, по мнению авторов, данный перечень не полон. В предлагаемом классификаторе добавлены новые разделы 15, 16, 17, 18 и исключен раздел «Аэронавтика».

Разработанный классификатор реализован авторами в виде базы данных на PostgreSQL. Описаны методы проведения исследований стратегических программ с помощью классификатора.

Также с использованием данного классификатора проведен сравнительный анализ структуры Стратегического технологического инвестиционного плана NASA «STIP 2017», Программы космических технологий Европейского космического агентства и России на 2016–2025 годы. Выявлены направления технологического развития, которым в США, Европе и России уделяется наибольшее внимание, а также несущественные направления, исследования в которых не финансируются в рамках стратегических программ. Приведены структурные особенности каждой из рассмотренных программ технологического развития.

R&D classifier of the space and manufacturing technologies as a tool of analysis for strategic plans of the aerospace industry development

Gaponenko O.V., Gavrin D.S., Sviridova E.S.
NPO “Technomash”, Moscow

The task is faced in classification of research subject in the information and analysis support process of technological development strategic programs.

The existing system of R&D classification in the Federal Target and Goverment Programs is not fully describes the structure of program measures (aggregate of R&D for technological development) and can be used only for manufacturing technologies. R&D in the Federal Target Programs is classified according to the intended purpose of final product.

Space technologies and space hardware engineering technologies are inseparable due to:

• Projected growth of the space technologies (without regard to the aerospace industry prospectives) risks to become a fiction, and vice versa, the development of industrial production without strategic targets as advanced space technologies lead to creation of ineffective manufacturing structures;

• Depending on life cycle phase of space hardware article, one and the same technology can be related to both target technology and industrial production technology;

• Development of manufacturing and repairing of space hardware straight in orbit is projected.

There is a need of the unified classifier for the Federal Space Program, Target Goverment programs in part of R&D sections

The unified classifier of space and industrial technologies is proposed in this paper. The classification features of technologies, used by NASA in technical road maps 2015, is taken as a base. The American road maps contain 15 directions of space technology development, but, in the authors' opinion, this list is not full. A new sections 15, 16, 17, 18 has been added to the classifier and the section "Aeronautics" was removed.

The developed classifier is carried out by the authors as a database powered by PostgreSQL. Methods for carring out of researches for strategic programs by using the classifier are described.

A comparison study of NASA Strategic Technology Investment Plan "STIP 2017", Space technology programs of the European Space Agency and the Federal Space Program of Russia for 2016-2025 is also carried out using this classifier. Directions of technological development, for which USA, Europe and Russia is paying more attenton, as well as indifferent directions, researches in which are not financed through the strategic programs, are found. Structural features of each concerned technological development program are given.

Исследование вопросов повышения эффективности технологии продвижения продукции предприятий авиационной отрасли

Гарибян Г.Д., Бурдина А.А.
МАИ, г. Москва

Авиационная отрасль занимает одно из лидирующих позиций российской экономики. Авиационная промышленность оказывает мультипликативный эффект на развитие

экономики в целом, так как охватывает практически все отрасли промышленности страны. Но при этом предприятия российской авиационной отрасли имеют ряд проблем, связанных с продвижением продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Для решения этих проблем, предприятиям авиационной отрасли необходимо повысить эффективность следующих мероприятий:

1. Процесс ценообразования целесообразно выстраивать с учётом стоимости материалов и комплектующих нового поколения. Композитный материал - многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т. д. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении её механических характеристик.

2. Модернизация логистики и оптимизация сроков поставки.

3. Совершенствование способов оплаты. Внедрение криптовалют и смарт-контрактов.

4. Совершенствование послепродажного обслуживания продукции. Учитывая сложившуюся ситуацию на рынке, можно говорить о том, что послепродажное обслуживание играет наиглавнейшую роль для покупателя. Исходя из специфики отрасли, предприятиям необходимо наладить систему эффективного непрерывного послепродажного обслуживания на весь жизненный цикл авиационной продукции.

5. Организация участия на интернет-площадках.

Учитывая сильную конкуренцию на рынке авиастроения, предприятиям авиационной отрасли всегда надо развиваться и стремиться к чему-то новому. Внедряя и грамотно используя вышеперечисленные мероприятия, на сегодняшний день предприятия смогут эффективно продвинуть свою продукцию на международный рынок.

Research into the issues of improving the efficiency of technology for promoting products of aviation industry enterprises

Garibyan G.D., Burdina A.A.
MAI, Moscow

The aviation industry occupies one of the leading positions of the Russian economy. The aviation industry has a multiplier effect on the development of the economy as a whole, since it covers virtually all the industries of the country. But at the same time the enterprises of the Russian aviation industry have a number of problems related to the promotion of products both on the domestic and foreign markets.

To address these problems, aviation industry enterprises need to develop a number of such activities:

1. It is advisable to build the pricing process taking into account the cost of materials and components of a new generation. Composite material is a multicomponent material consisting, as a rule, of a plastic base (matrix) reinforced with fillers having high strength, rigidity, etc. The combination of dissimilar substances leads to the creation of a new material whose properties are quantitatively and qualitatively different from the properties of each of its constituents. By varying the composition of the matrix and the filler, their ratio, the orientation of the filler, a wide range of materials is obtained with the required set of properties. Many composites outperform traditional materials and alloys in their mechanical properties and at the same time they are lighter. The use of composites usually reduces the weight of the structure while maintaining or improving its mechanical characteristics.

2. Modernization of logistics and optimization of delivery times.

3. Improving the methods of payment. Implementation of crypto-valuation and smart contracts.

4. Perfection of after-sales service of production. Given the current situation on the market, we can say that after-sales service plays a major role for the buyer. Based on the specifics of the industry, enterprises need to establish a system of effective continuous after-sales service for the entire lifecycle of aviation products.

5. Organization of participation on Internet sites.

Considering the strong competition in the aircraft manufacturing market, the aviation industry enterprises always need to develop and strive for something new. By implementing and using competently the above-mentioned measures, to date, enterprises can effectively promote their products to the international market.

Мировой космический рынок, анализ и тенденции развития

Гогия К.А.
МАИ, г. Москва

Мировая космическая индустрия в последнее время стремительно развивается, главный фактор этого роста – развитие частного сектора в космической отрасли. В связи с этим начинает складываться абсолютно новый рынок – рынок космических услуг.

Так за последние 16 лет рынок продуктов мировой космической деятельности вырос в 3.2 раза. При этом подавляющее большинство объёма мирового космического экспорта приходится на частный сектор (доля коммерческой реализации достигает 77%, а сам сектор оценивается, в 350 млрд. долл.).

Развитие частного сектора очень сильно сказывается на всём МКР. Россия в этом направлении сильно отстаёт от своего главного космического конкурента – США. Так, США в 2015 году запустили 84 спутника, 33 из которых - частные, для России же это соотношение составляет 0 из 25. США по состоянию на 2017 год занимают 43% всего частного МКР. Однако помимо США и России есть ещё Евросоюз, Китай, Индия и Япония.

Россия же до 2016 года была лидером на космическом рынке по выведению полезной нагрузки (ПН), однако в прошлом году Россия произвела 17 пусков, в то время как США и КНР совершили по 22 запусков. Стоит также отметить, что в долгосрочной перспективе доля этого сегмента будет снижаться в общем объёме МКР.

Рынок космических услуг меняется. На первое место выходит частная космонавтика. Космос теперь привлекает не только учёных, но и бизнес. Однако, не смотря на развитие частного сектора, по-прежнему самым главным заказчиком выступает государство. NASA и американские ВВС охотно заключают венчурные контракты со стартапами. На их деньги маленькие фирмы могут начать работу и привлечь более крупных инвесторов. Помимо этого, NASA делится с ними своими технологиями, а ВВС стартовыми площадками (площадку для первого запуска SpaceX получила бесплатно).

Здесь, проявляется главная проблема российской космонавтики – отсутствие поддержки частного сектора. Государство не помогает частным фирмам даже при формировании пакета заказов, не говоря уже о грантах или инвестициях.

Стоит сказать, что на перспективы влияют и экономики государств. В США сложилась серьёзная конкуренция между частными компаниями, в Европе ведение бизнеса тщательно контролируется, а в России космическая отрасль – по-прежнему сильно бюрократизирована и испытывает большие проблемы с защитой прав собственности.

World space market, analysis and development trends

Gogia K.A.
MAI, Moscow

The world space industry has been developing rapidly lately, the main factor of this growth is the development of the private sector in the space industry. In this regard, an absolutely new market is beginning to form - the market of space services.

So for the last 16 years the market of products of world space activity has grown by 3.2 times. At the same time, the overwhelming majority of world space exports come from the private sector (the share of commercial sales is 77%, and the sector is estimated at $ 350 billion).

The development of the private sector has a great impact on the entire MKR. Russia in this direction is far behind its main space competitor - the United States. So, in 2015 the USA launched 84 satellites, 33 of which are private, for Russia this ratio is 0 out of 25. The USA as of 2017 occupies 43% of all private MKR. However, in addition to the United States and Russia, there are also the European Union, China, India and Japan.

Until 2016, Russia was the leader in the space market to produce payloads, but last year Russia produced 17 launches, while the United States and China carried out 22 launches. It should also be noted that in the long term the share of this segment will decrease in the total volume of MKR.

The market of space services is changing. Private cosmonautics comes first. Space now attracts not only scientists, but also business. However, despite the development of the private sector, the state is still the most important customer. NASA and the US Air Force are willing to enter into venture contracts with start-ups. On their money, small firms can start working and attract larger investors. In addition, NASA shares with them their technology, and the Air Force launch sites (the site for the first launch SpaceX received free of charge).

Here, the main problem of Russian cosmonautics is the lack of support for the private sector. The state does not help private firms, even when forming a package of orders, not to mention grants or investments.

It is worth mentioning that the economies of states influence the prospects. In the United States there is a serious competition between private companies, in Europe, business is closely monitored, and in Russia, the space industry - is still heavily bureaucratized and has great problems with the protection of property rights.

Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Голицын А.Р., Краев В.М., Овечкин А.Р.
МАИ, г. Москва

Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение.

Робототехника – это наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем. Её появление связано с необходимостью изучения новых сфер деятельности людей, а также потребностью в масштабной автоматизации современного производства с целью резкого повышения эффективности. Эксплуатация автоматических программируемых устройств в изучении космического пространства и океана, а с 60-х гг. и в производственной сфере, быстрый прогресс в создании и использовании роботов в последние годы обусловили необходимость интеграции научных знаний некоторых смежных фундаментальных и технических дисциплин в едином научно-техническом направлении - робототехнике. Актуальность данного направления присуща и в российской экономике, практикующей использование высоких технологий и автоматизацию финансовых операций.

В 21 веке общество массово использует различную электронику каждый день. Однако это не единственная причина роста значимости робототехники. Она также используется и в военной сфере, особенно, в авиации. В частности, благодаря известной системе ГЛОНАСС в разы возросла точность наведения ракет и авиабомб, разработанных еще в советское время. Вооруженные силы всех ведущих стран мира, например, таких, как Китай и США, уже обладают собственным парком боевых, инженерных и разведывательных роботов, применение которых обеспечивает безопасность личного состава и позволяет побеждать в современных локальных конфликтах. К настоящему времени интеллектуальные системы внедрены почти во все сферы деятельности человека: от бытовых потребностей до наведения крылатых ракет. Таким образом, интеллектуальные системы продолжают заменять людской труд, как в опасных видах деятельности человека, так и в его каждодневной жизни.

Сегодня человеческая цивилизация практически вплотную приблизилось к такому моменту, когда роботы будут использоваться во всех областях жизни. Поэтому государство должно инвестировать в разработку отечественных высоких технологий, а курсы робототехники нужно внедрять в образовательные учреждения.

Robotics, intellectual systems and aviation arms

Golitsyn A.R., Krayev V.M., Ovechkin A.R.
MAI, Moscow

Robotics, intellectual systems and aviation arms.

Robotics is the science which is engaged in development of the automated technical systems. Her emergence is connected with need of studying of new fields of activity of people and also the need for large-scale automation of modern production for the purpose of sharp increase in efficiency. Operation of automatic programmable devices in studying of space and the ocean, and from 60th and in the production sphere, rapid progress in creation and use of robots have caused need of integration of scientific knowledge of some related fundamental and technical subjects for the uniform scientific and technical direction in recent years - robotics. The relevance of this direction is inherent also in the Russian economy practicing use of high technologies and automation of financial transactions.

In the 21st century society in large quantities uses various electronics every day. However it is not the only reason of growth of the importance of robotics. She is used also in the military sphere, especially, in aircraft. In particular, thanks to the known GLONASS system the accuracy of targeting of the rockets and air bombs developed in Soviet period has many times increased. Armed forces of all leading countries of the world, for example, such as China and the USA, already possess own park of fighting, engineering and prospecting robots which use ensures safety of staff and allows to win the modern local conflicts. So far intellectual systems are introduced almost in all fields of activity of the person: from household requirements before targeting of cruise missiles. Thus, intellectual systems continue to replace human work, both in dangerous kinds of activity of the person, and in his everyday life.

Today a human civilization has practically come very close to such moment when robots are used in all areas of life. Therefore the state has to invest in development of domestic high technologies, and courses of robotics need to be introduced in educational institutions.

Задачи развития персонала в аэрокосмической отрасли

Головина Е.С., Вовк В.Ю., Федотова М.А.
МАИ, г. Москва

В настоящее время авиация и космонавтика играют важную роль для экономики страны и сохранения её лидирующих позиций. На сегодняшний день Российская аэрокосмическая отрасль нуждается в высококвалифицированных работниках, которые обладают соответствующим набором компетенций в данной сфере деятельности. Во многих профессиях нужно постоянно совершенствовать и обновлять свои знания и умения, так как достижения в науке и технике не стоят на месте. В научной сфере новые разработки и открытия приводят к необходимости повышения квалификации персонала для экономической выгоды, повышения конкурентного статуса и достижения успехов организации и отрасли в целом.

Оценить потребность в повышении квалификации можно: используя статистические данные о составе персонала в российской аэрокосмической отрасли, опираясь на результаты деятельности отдельных работников и проблемы, возникающие в процессе трудовой деятельности, а также учитывая специфику некоторых профессий. Последнее содержится в профессиональных стандартах, которые обязывают повышать квалификацию с определенной периодичностью, а также описывают трудовые функции работников, требования к образованию, их знания и умения для данной профессии. Существует три способа организации обучения: с полным или частичным отрывом от рабочего процесса и без отрыва от рабочего места. Каждый из вариантов имеет свои

преимущества и недостатки и подбирается индивидуально с учетом требований и возможностей организации. Важно, чтобы обучение давало результат, было эффективным. Для этого необходимо предварительно провести тестирование на предмет тех знаний, которые нужно восполнить в процессе обучения.

Важно знать в какой информации, знаниях, навыках нуждается специалист, после этого грамотно подобрать направление, программу и форму обучения. В совокупности это приведет к увеличению производительности труда, расширению производства и росту финансовых показателей, которые возместят затраты на обучение и предоставят возможности для дальнейшего развития организации и отрасли в целом.

Список литературы:

1 Тихонов А.И., Новиков С.В., Федотова М.А. Взаимодействие вузов и предприятий в сфере высокотехнологичного производства // Мир транспорта. 2017 Т. 15 № 1 (68). С. 232-241.

2 . Желтенков А.В., Федотова М.А., Тихонов А.И.Анализ качества профессиональной подготовки специалистов по управлению персоналом в высших учебных заведениях // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018 № 2 С. 61-70.

The tasks of personnel development in the aerospace industry

Golovina E.S., Vovk V.Y., Fedotova M.A.
MAI, Moscow

At present, aviation and cosmonautics play an important role for the country's economy and for maintaining its leading positions. To date, the Russian aerospace industry needs highly skilled workers who have a corresponding set of competencies in this field of activity. In many professions, it is necessary to constantly improve and update their knowledge and skills. In the scientific sphere, new developments and discoveries lead to the need to improve the skills of personnel for economic benefit, increase the competitive status and achieve the success of the organization and the industry. To assess the need for advanced training, you can: using statistics on the composition of personnel in the Russian aerospace industry. industry, drawing on the results of individual workers and problems, arising in the process of labor activity, as well as taking into account the specifics some professions. The latter is contained in professional standards, which oblige to improve the qualification with a certain periodicity, and also describe the labor functions of workers, the requirements for education, their knowledge and skills for this profession.

There are three ways to organize the training: working process, partial separation and without separation from the workplace. Each of the options has its advantages and disadvantages and is selected individually with taking into account the requirements and capabilities of both the organization and the employee.

It is important that learning gives results, it is effective. For this it is necessary to pre-test or question knowledge that you need to fill in the learning process. It is important to know in which information, knowledge, skills a specialist needs, then competently select the direction, program and form of training. Together, this will lead to an increase in labor productivity, expansion of production and growth of financial indicators, which will reimburse costs of training and will provide opportunities for further development organization and the industry as a whole.

Инновационные методы обучения и развития персонала в аэрокосмической отрасли

Голубчикова В.В., Базарова В.В., Семина А.П.
МАИ, г. Москва

В связи с непрерывным ростом научных знаний и развитием технологий организации нуждаются в постоянном обучении и развитии персонала. Наряду с традиционными методами постепенно получают развитие инновационные методы обучения и развития персонала. Обучение персонала — это процесс получения знаний и навыков под

руководством наставников. К инновационным методам обучения персонала относятся: применение тренажёров виртуальной реальности, обучение через интернет, коучинг, обучение в рабочих группах.

Развитие персонала является более широким понятием, чем обучение. Оно включает разработку плана действий и мероприятий для организации обучения, адаптации сотрудников, прогнозирования и планирования потребности в персонале.

В работу организации Роскосмос внедряются инновационные методы обучения и развития персонала. В данной организации уделяется особое внимание квалификации персонала, поэтому корпоративная академия Роскосмоса стала инициатором создания профессионального сообщества по обучению и развитию персонала ракетно-космической отрасли.

Применение инновационных методов обучения и развития персонала в аэрокосмической отрасли необходимо в связи с постоянной модернизацией производства и усложнением высокотехнологичных процессов.

Литература:

1. Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли // Учебное пособие / Москва, 2017.

2. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс. Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

3. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

Innovative methods of training and development of personnel in space branch

Golubchikova V.V., Bazarova V.V., Semina A.P.

MAI, Moscow

Due to the continuous growth of scientific knowledge and development of technologies of the organization need continuous training and development of personnel. Along with traditional methods innovative methods of training and development of personnel gradually gain development. Training of personnel is a process of knowledge acquisition and skills under the leadership of mentors. Treat innovative methods of training of personnel: use of exercise machines of virtual reality, training on the Internet, coaching, training in the working groups.

Development of personnel is wider concept, than training. It includes action plan development and actions for the organization of training, adaptation of employees, forecasting and planning of need for personnel.

Innovative methods of training and development of personnel take root into work of the Roskosmos organization. In this organization special attention is paid to qualification of personnel therefore the corporate academy of Roskosmos became the initiator of creation of professional community on training and development of personnel of space-rocket branch.

Application of innovative methods of training and development of personnel in space branch is necessary in connection with continuous modernization of production and complication of hi-tech processes.

References:

1. Tikhonov A.I., Fedotova M.A., Silantyeva E.A. Bases of the organization of work at the enterprises of space branch//Manual / Moscow, 2017.

2. Krayev V.M., Fedotova M.A., Tikhonov A.I. Human resource management of the space industry. basic course. Manual / Stavropol. – LOGOS. - 2018. – 108 pages.

3. Syomina A.P., Fedotova M.A., Tikhonov A.I. Training of personnel in the modern companies: problems and new directions//Moscow economic magazine. 2016. No. 3. Page 33.

Технологическая модель проведения сертификационного экзамена в авиастроительной отрасли в системе независимой оценке квалификаций

Гришин Д.В., Тихонов А.И.
МАИ, г. Москва

Оценка профессиональных квалификаций и принятие решения о соответствии уровню квалификации проходит в два этапа:

• Квалификационный экзамен (теоретическая и практическая части).

• Рассмотрение итогов выполнения заданий квалификационного испытания и принятие решение.

В процессе оценке квалификаций участвуют:

• Испытуемые, чьи квалификации оцениваются на соответствие требованиям профессионального стандарта.

• Эксперты по оценке квалификаций – оценивают выполненные задания.

• Эксперты по сертификации – принимают решение о соответствии уровню квалификации.

В настоящее время Центры оценки, которые уполномочены проводить квалификационные экзамены, собирают на экзаменационной площадке экспертов и тех, кого они будут оценивать. Надо учитывать требования к объективности: эксперты и испытуемые не должны иметь личных или рабочих связей, не могут работать вместе в одной организации. Но это вступает в противоречие с тем, что авиационная промышленность в отдельно взятом городе представлена ограниченным число предприятий. Выходом из этой ситуации может стать использование ЕСИА (единая система идентификации и аутенфикации), которая позволяет принимать участие в проведение квалификационного экзамена удаленно. ЕСИА – это система, разработанная Ростелеком и ЦентроБанком РФ, и введённая в действие в 2018 году. Удаленное участие возможно в режиме видеоконференции, это позволяет существенно снизить затраты за счет того, что эксперты могут участвовать в режиме телеконференции.

Второй технологической инновацией, которую возможно применить для повышения объективности и доверия к системе оценки и сертификации квалификаций является технология распределенных реестров, например «блокчейн». Это дает следующие преимущества:

1. Неизменность – все, внесенное в публичный блокчейн, не может быть изменено. Каждый отчет испытуемого на задание и оценка эксперта вносится в блокчейн. Возможно размещение «хэша» документа, в котором содержится задание, ответ испытуемого и оценка каждого из экспертов.

2. Прослеживаемость – в блокчейн вносится информация о том, какой эксперт, какие оценки, в какой момент времени внес. Эта информация так же не может быть изменена и позволяет вести логирование квалификационных испытаний и последующего процесса оценки квалификаций;

3. Доступность – публичный блокчейн позволяет любому имеющему соответствующее программное обеспечение самостоятельно получить информацию из распределенного реестра, что повышает транспарентность системы оценки.

Technological model of the certification exam in the aircraft industry in the system of independent assessment of qualifications

Grishin D.V., Tikhonov A.I.
MAI, Moscow

Assessment of professional qualifications and decision-making on compliance with the level of qualification takes place in two stages:

• Qualification exam (theoretical and practical parts).

• Consideration of the results of the tasks of the qualification test and the decision.

In the process of assessment of qualifications involved:

• Test subjects whose qualifications are assessed for compliance with the requirements of the professional standard.

• Experts on qualification assessment-evaluate completed tasks.

• Certification experts-decide on compliance with the level of qualification.

At present, the assessment Centres, which are authorized to conduct qualification examinations, gather experts and those they will assess at the examination site. It is necessary to take into account the requirements for objectivity: experts and test subjects should not have personal or working relationships, can not work together in the same organization. At the same time, if experts are brought to Komsomolsk-on-Amur from Kazan or Irkutsk from Moscow, this is a very large overhead. The way out of this situation can be the use of ESIA (unified system of identification and authentication), which allows you to participate in the qualification exam remotely. ESIA is a system developed by Rostelecom and the Central Bank of the Russian Federation and put into effect in 2018. Russian legislation provides for the possibility of using ESIA on a par with a qualified electronic signature. Remote participation is possible via videoconference, which can significantly reduce costs due to the fact that experts can participate in a teleconference.

The second technological innovation that can be applied to improve the objectivity and credibility of the system of assessment and certification of qualifications is the technology of distributed registers, for example, "blockchain". This provides the following benefits:

1. Immutability-everything added to the public blockchain cannot be changed. Each test subject's report on the task and expert's assessment is entered into the blockchain.

2. Traceability-information is entered into the blockchain about which expert Advisor, which estimates, at which point in time made.

3. Accessibility - the public blockchain allows anyone with the appropriate software to independently obtain information from a distributed registry, which increases the transparency of the evaluation system.

Стратегия управления авиакомпанией в условиях кризиса

Гусилетов А.А.
МАИ, г. Москва

Существуют основные факторы, которые отрицательно влияют на рынок авиаперевозок. В своем докладе я рассматриваю основные отрицательные факторы на примере одной известной и достаточно крупной авиакомпании, которая владеет большой частью рынка авиаперевозок наравне с другими крупными российскими авиаперевозчиками.

В докладе будет показан темп роста объемов работ в отрасли воздушного транспорта, темп роста объемов работы на примере известной российской авиакомпании, также изменение структуры себестоимости авиакомпаний (зависимость экономики авиаперевозчика от различных факторов).

Будет представлен пример правильной стратегии управления авиакомпании, которое поможет сэкономить компании средства, а также поможет им остаться в плюсе и направить сэкономленные средства на обновление флота или на проведение форм технического обслуживания, лизинговые платежи, также у авиакомпании появится возможность оставшиеся средства направить в фонд оплаты труда для увеличения заработной платы летному составу авиакомпании и офисным работникам авиакомпании.

В докладе будут представлены примеры мер государственной поддержки для российских авиакомпаний, которые могли бы положительно повлиять на экономику авиаперевозчиков. Будет рассмотрен проект о введении в авиакомпаниях электронного документооборота (ЭДО), выгода данного нововведения, а также важные аспекты для реализации этого проекта.

В своем выводе по данному докладу я определю ключевую «болевую» точку в системе управления российской авиакомпании.

Strategy of management of the company in crisis

Gusiletov A.A.
MAI, Moscow

There are major factors that negatively affect the air transportation market. In my report, I consider the main negative factors on the example of a well-known and fairly large airline that owns a large part of the air transport market on a par with other major Russian air carriers.

The report will show the growth rate of work in the air transport industry, the growth rate of work on the example of the well-known Russian airline, as well as changes in the structure of the cost of airlines (the dependence of the economy of the air carrier on various factors).

Will be presented an example of the correct management strategy of the airline, which will save the company money, and will also help them to stay in the black and send the saved funds to upgrade the fleet, or to conduct forms of maintenance, lease payments, as the airline will be able the remaining funds sent to the payroll to increase wages of the flight crew of the airline, and office workers of the airline.

The report will present examples of government support measures for Russian airlines, which could have a positive impact on the economy of air carriers. A project on the introduction of electronic document management (EDI) in airlines, the benefits of this innovation, as well as important aspects for the implementation of this project will be considered.

In my conclusion on this report, I will define a key "painful" point in the management system of the Russian airline.

Риск-менеджмент применения дирижаблей в туристической отрасли

Гущин К.В., Овечкин А.Р., Голицын А.Р., Краев В.М.
МАИ, г. Москва

Современное положение дирижабельного транспорта следующее: сейчас по всему миру дирижаблестроение и их применение не пользуется популярностью, однако привлекает внимание в узких кругах и среди романтиков. Дирижабли обладает рядом перспектив, в частности в туристической отрасли, реализация которых может принести существенные дивиденды первопроходцам и способствовать полноценному возрождению идеи использования дирижаблей.

Среди преимуществ дирижаблей отсутствие необходимости в громоздкой инфраструктуре, как в случае самолётов, и подготовленной посадочной площадки при крайней необходимости. Они весьма комфортабельны при должной реализации конструкции и обладают значительной автономностью за счёт того, что они могут стационарно зависать в воздухе, не тратя при этом горючее в отличие от вертолётов.

Перспективы применения дирижаблей в туристической отрасли: занятие нового сегмента на рынке, вписывание в существующие экскурсионные мероприятия (например, авиа-экскурсии по «Золотому Кольцу»), выход на международный уровень.

Необходимыми элементами для реализации дирижабельного туризма являются: капитал для необходимых мероприятий, дирижабли разных размеров для различных групп потребителей, надёжная технология хранение дирижаблей и технического обслуживания, квалифицированный персонал в данной сфере, грамотная политика для привлечения и удержания разных потребительских групп, актуальная рекламная компания, законодательное регулирование необходимых вопросов.

Вероятные препятствия на пути создания дирижабельного туризма будут следующие: недостаточный интерес как инвесторов, так и предполагаемого потребителя, бюрократические барьеры, финансовые риски при реализации проекта.

Пути преодоления обозначенных препятствий: изыскание инвестиционной поддержки у государства, разработка бизнес-плана, способного удовлетворить требованиям инвесторов, реклама, освещающая преимущества дирижабельного туризма, обеспечение юридической помощи, касательно необходимых вопрос, изучение существующего законодательного опыта (например, у НПО «АВГУРЪ - РосАэроСистемы»), борьба с актуальными финансовыми проблемами посредством риск-менеджмента.

Роль риск-менеджмента в рамках реализуемых мероприятий заключается в необходимости обеспечить своевременный и актуальный ответ в работе с потребителями, инвесторами, государством и общественным мнением. Также следует выполнить бизнес-план проекта без нарушений, выхода из смет и т.п.

Risk management of the use of airships in the tourism industry

Gushchin K.V., Ovechkin A.R., Golitsyn A.R., Kraev V.M.
MAI, Moscow

Modern situation in dirigible mode of transport is next: in the world airship construction and their use isn't popular, but it attracts attention in narrow circles. Dirigibles have a some prospects, in particular in tourism, which realisation can bring significant dividends to the pioneers and contribute to the full revival of the idea of using dirigibles.

Among advantages of dirigibles there is no need for cumbersome infrastructure, as in the case of airplanes, and prepared landing sites in case of emergency. They are very comfortable with proper implementation of the design and have considerable autonomy due to the fact that they can permanently hang in the air without spending fuel in contrast to helicopters.

Necessary elements for realization of airship tourism are: capital for necessary actions, airships of the different sizes for various groups of consumers, reliable technology storage of airships and maintenance, qualified personnel in this sphere, competent policy for attraction and deduction of different consumer groups, the actual advertizing company. Necessary elements for realization of airship tourism are: airships of the different sizes for various groups of consumers, reliable technology storage of airships and maintenance, qualified personnel in this sphere, competent policy for attraction and deduction of different consumer groups, actual advertizing company, legislative regulation of necessary questions.

Most likely, the obstacles to the creation of airship tourism will be as follows: lack of interest from investors and prospective consumers, bureaucratic barriers and financial risks during project implementation.

Ways to overcome these obstacles: the search for investment support from the state, the development of a business plan that can meet the requirements of investors, advertising that will emphasize the advantages of airship tourism, provision of legal assistance in connection with the necessary issues, the study of the existing legislative experience, fight against current financial problems through risk management. The role of risk management within the framework of the implemented measures is the need to ensure timely response in work with consumers, investors, the state and public opinion. It is also necessary to implement the business plan of the project without abuse, violations of estimates, etc.

Модель оценки длительности жизненного цикла помодульно распределенных систем авиационной техники

Давыдов А.Д., Исаев Н.А.
МАИ, г. Москва

Высокие темпы научно-технического прогресса предопределяют возможность создания технологически сложной продукции, высокотехнологичных систем авиационной техники (АТ). В условиях конкурентного взаимодействия непрерывное улучшение характеристик таких систем для достижения требуемого уровня технической эффективности является объективным требованием. Однако данное требование имеет следствием рост затрат ресурсов (стоимостных, временных) на создание и эксплуатацию систем АТ. В этих условиях оценка технико-экономической эффективности с необходимостью должна проводиться в пространстве критериев "стоимость-эффективность-время" с учетом потенциала применяемых стратегий развития систем АТ, таких как унитарная, модульная или смешанная стратегия развития.

Смешанная стратегия развития может быть эффективно реализована в проектах помодульно распределенных систем АТ, в частности, при управлении жизненным циклом

(ЖЦ) систем АТ как реакции на динамично меняющиеся тенденции и запросы внешней среды в современных условиях.

Практика создания и эксплуатации распределенных систем АТ имеет небольшую историю, и аналитические модели оценки длительности ЖЦ распределенных систем АТ имеют к настоящему времени ограниченную применимость. Особенности и специфика помодульно распределенных систем АТ дают основания для оценки сроков и длительности стадий ЖЦ таких систем как техноценозов на основе моделей ранговой корреляции. Такие модели указывают на возможность увеличения длительности эксплуатации за счет адаптивных свойств распределенных систем, когда имеется возможность внедрения новаций в их состав в заданные сроки при заданном ресурсном обеспечении. Такая модель дает заслуживающие доверия результаты, подтверждаемые ограниченной практикой создания и эксплуатации распределенных систем АТ.

Доклад подготовлен при финансовой поддержке РФФИ. Проект 17-06-00235.

Model assessment of the duration of the life cycle of modularly distributed aviation systems

Davydov A.D., Isaev N.A.
MAI, Moscow

High rate of scientific and technical progress determines the possibility for creating technologically complex products, high-tech aviation systems. In the conditions of competitive interaction, continuous improvement of the characteristics of such systems is an objective requirement to achieve the required technical efficiency. However, this requirement has the effect of an increase in the costs of resources (financial, time, etc.) for the creation and operation of aviation systems. In these conditions, the assessment of technical and economic efficiency should be carried out in the "cost-effectiveness-time" criteria, taking into account the potential of applied systems development strategies of aviation systems such as unitary, modular or mixed development strategy.

The mixed development strategy can be effectively used in the projects of modularly distributed aviation systems, in particular, in managing the life cycle (LC) of aviation systems as a reaction to dynamically changing trends and demands of the external environment in modern conditions.

The practice of creation and operation of distributed aviation systems has a short history, and analytical models for assessing the duration of the LC distributed at systems have to date limited applicability. However, the features and specificity of modularly distributed aviation systems give grounds for estimating the timing and duration of the stages of the LC of such systems-technocenosis using on rank correlation models. The models indicate the possibility of increasing the duration of operation due to the adaptive properties of distributed systems, when it is possible to introduce innovations in their composition in a required time and available resources. Such a heuristic model, according to experts, gives credible results, confirmed by the limited practice of creating and operating distributed aviation systems.

The report was supported by RFBR. Project 17-06-00235.

Вопросы эффективности использования аддитивных технологий в производстве деталей космических аппаратов

Дацюк М.М.
МАИ, г. Москва

Аэрокосмическая промышленность всегда была не только донором, но и реципиентом самых инновационных технологий. Аддитивные технологии не стали исключением. Благодаря своему широкому профилю применения, они активно внедряются в технологические процессы изготовления космической техники. Даже самые консервативные предприятия включают 3-D печать, если не в основное производство, то точно в механизмы прототипирования и изготовления оснасток.

В данной работе рассматривались вопросы использования аддитивных технологий именно для производства конечных деталей. Да, технология требует дорогостоящего оборудования и сложных материалов. Однако, она обладает рядом значительных преимуществ:

• Расход материала в разы меньше, чем при традиционных способах создания и обработки деталей;

• Трудоемкость производства значительно сокращается;

• Сокращается потребность в ином сложном оборудовании;

• Можно быстро добиться заданных характеристик конструкции без сложной обработки (например, герметичности, сложных форм и размеров, точности и т.д.);

• Можно легко внести правки в конструкцию каждой детали для каждого конкретного аппарата и это не потребует переделки оснастки и регулирования оборудования – это очень важно для космической отрасли, так как каждый аппарат абсолютно уникален;

• Новейшие материалы и возможность создавать конструкции любых форм и размеров, позволяют значительно сократить вес деталей.

С годами можно ожидать массовое внедрение аддитивных технологий в производство космической техники, как на Земле, так и в космосе. Так как, несмотря на свою стоимость 3-D печать обладает поистине уникальными возможностями.

Effectiveness Issues of using additive technologies in the production of spacecraft parts

Datsiuk M.M.
MAI, Moscow

Aerospace industry has always been not only a donor, but also a recipient of the most innovative technologies. Additive technologies are no exception. Due to their wide profile of application, they are actively introduced into the technological processes of manufacturing space technology. Even the most conservative enterprises include 3-D printing, if not in the main production, then exactly in the mechanisms of prototyping and tooling manufacturing.

This paper addresses the use of additive technologies specifically for the production of final parts. Yes, technology requires expensive equipment and complex materials. However, it has several significant advantages:

• Material consumption is several times less than with traditional methods of creating and processing parts;

• The labor intensity of production is significantly reduced;

• The need for other complex equipment is reduced;

• You can quickly achieve the specified characteristics of the structure without complicated processing (for example, tightness, complex shapes and sizes, accuracy, etc.);

• You can easily make changes to the design of each part for each specific device and it does not require reworking equipment and adjusting equipment - this is very important for the space industry, since each device is absolutely unique;

• The latest materials and the ability to create designs of all shapes and sizes, can significantly reduce the weight of parts.

Over the years, we can expect the massive introduction of additive technologies in the production of space technology, both on Earth and in space. Since, despite its cost, 3-D printing has truly unique capabilities.

Управление знаниями на предприятии

[1]Дворникова Т.В., [2]Ромайкина Г.С., [2]Гуреев П.М.
[1]МАИ, [2]РУТ (МИИТ), г. Москва

Управление знаниями (Knowledge management) - это дисциплина, обеспечивающая интегрированный подход к работе с информационными ресурсами корпорации. Целью КМ является создание электронной системы хранения интеллектуальных ресурсов корпорации для обеспечения облегченного доступа к документированному опыту и результатам деятельности корпорации.

Следовательно, знания требуется интегрировать в связную систему, называемую базой знаний (БЗ). Это самый популярный инструмент управления знаниями в России.

Базы знаний изучает наука инженерия знаний (ИЗ). Термин определили как «раздел, направленный на внедрение знаний в компьютерные системы для решения сложных задач, обычно требующих богатого человеческого опыта».

Принципы ИЗ:

1. Для работы с каждым типом знаний используются конкретные методы и техника;

2. Существуют разные способы предоставления, использования знаний, и работа с ними может помочь применить уже имеющиеся знания по-новому.

Эти принципы можно отследить на примере ОАО «РЖД» в аспекте использования всех консалтинговых и научно-исследовательских работ, выполненных в интересах корпорации согласно плану научно-технического развития.

На данный момент учет работ ведется одним из подразделений холдинга, и отсутствует единая база результатов работ. Программно-аппаратные решения действующей системы хранения устарели. Формирование исходных данных выполняется в форматах MS Excel и MS Word. Ввод данных осуществляется вручную или в полуавтоматическом режиме.

А также, с учетом проходящей в компании структурной реформы, часть интеллектуальных ресурсов компании оказывается потерянной.

На основании описанной ситуации можно сделать вывод, что на данный момент ОАО «РЖД» не может использовать в полном объеме те знания, которыми обладает. Поэтому руководство компании принимает решение сформировать единую базу знаний для результатов НТР, функции которой будут поиск работ по заявленной тематике и выдача отчетных материалов и статистики.

Автоматизированная системы «Единая база знаний» повысит эффективность использования в хозяйственной деятельности РЖД имеющихся знаний, исключит их дублирование и обеспечит обоснованность принятия решений о привлечении ресурсов третьих лиц для решения задач корпорации.

Итак, на основании опыта компаний в аспекте внедрения систем менеджмента знаний стало очевидно, что применять КМ-системы выгодно: они позволяют упрощать повторное использование имеющихся знаний и создавать новые знания, и, следовательно, усовершенствовать процессы принятия решений.

Knowledge management within the company

[1]Dvornikova T.V., [2]Romaykina G.S., [2]Gureyev P.M.
[1]MAI, [2]RUT (MIIT), Moscow

Knowledge management (KM) is the discipline, which provides an integrated approach while working with information resources of the company. Its objective is to make an electronic database of intellectual resources of the company.

Knowledge from different resources has to be integrated into single consistent system called knowledge base, is the most popular management tool in Russia.

Knowledge engineering is a field of science dealing with knowledge base and its working methods. Knowledge engineering was defined as follows “a discipline, focused on knowledge integration into computer systems for solving difficult tasks, which usually require vast human experience”.

Principles of KE:

1. Using specific methods and techniques for each type of knowledge;

2. There are different ways of introducing and understanding knowledge, which can help to reinterpret and use existing knowledge in other ways;

The principles of engineering can be seen through the example of using all consulting and research works in JSC Russian Railways, carried out for the company according to the scientific development plan (SDP).

Today only one division of the holding provides the performance records and there is no single base of company's performance data.

Hardware-software solutions are outdated. Development of initial data is in MS Excel and MS Word formats. Data are put in manually or semi-automatically.

Simultaneously, due to different reasons some documents do not get into existing information resource, which is not publicly accessible. Consequently, some intellectual resources are lost.

Regarding to what was said above we can conclude, that JSC RZD cannot make full use of the knowledge it has.

That is why JSC RZD decides to form a single knowledge base for research works. Its main functions will be: search for works on the subject matter and issue of reports and statistics.

Automated system "Single knowledge base" is going to improve business efficiency of existing knowledge, eliminate duplication and provide continuity and reasonability of using third party resources for solving company tasks.

To conclude, in accordance experience of implementing knowledge management systems, it became clear that KM systems are beneficial: they help to reuse existing knowledge easier and create new knowledge, consequently, modernizing decision-making

Методы управления инновационными проектами на разных этапах жизненного цикла распределенных систем авиационной техники

Дианова Е.В.
МАИ, г. Москва

Исследование и проведенная классификация методов управления проектами позволили дифференцировать их по следующим группам менеджмента: традиционный (последовательный) менеджмент, классический, гибкий менеджмент, изменяемый, процессный, смешанный менеджмент.

Анализ совокупности применяемых современных походов к управлению инновационными проектами позволил выделить 18 перспективных методов, применимых на различных этапах жизненного цикла распределенных систем авиационной техники, среди которых использование гейтового подхода, графиков Ганта, управление на основе оценки эффективности проекта, использование моделей сетевого планирования и управления, адаптивного управления проектами, методы Agile управления.

Используемые методы должны отвечать следующим признакам:

• Достоверность и результативность, что предполагает исследование возможности использования различных методов проектного менеджмента для управления распределенной системой в целом и ее отдельными элементами;

• Инновационность, то есть выявление в портфеле проектов с признаками инновационности и применение к ним специальных приемов, основанных на использовании удельных показателей, позволяющих оценить перспективность исследований и особые условия их продвижения;

• Применяемость к стадии жизненного цикла, что предполагает возможность применения методов на всех или отдельных этапах и подэтапах жизненного цикла распределенных систем авиационной техники;

• Критериальная ориентированность на удельные показатели, что предполагает формирование дополнительных процедур, которые основаны на применении удельных показателей для повышения результативности управления распределенной системой;

• Алгоритмизируемость, то есть возможность графической визуализации в виде законченных попроцессных действий, имеющих текстовое описание каждого блока.

Объединение методов управления в группы и их соответствие сформированным признакам дает возможность разработать универсальные алгоритмы использования удельных показателей в методах управления инновационными проектами в рамках формирования методического подхода по использованию совокупности удельных

показателей для повышения эффективности процессов управления проектами распределенных систем авиационной техники.

Тезисы подготовлены при финансовой поддержке РФФИ, проект №17-06-00235

Management methods of innovative projects at different stages of the life cycle of distributed systems of aviation aircraft

Dianova E.V.
MAI, Moscow

The research and the carried-out classification of methods of project management have allowed to differentiate them on the following groups of management: traditional (consecutive) management, classical, flexible management, the changeable, process, mixed management.

The analysis of the set of modern approaches applied to the management of innovation projects has allowed to identify 18 perspective methods perspective methods applicable at the various stages of life cycle of the distributed systems of aviation aircraft including the use of the Gate's approach, Gantt charts, management on the basis of assessment of efficiency of the project, the use of network planning and management models, adaptive project framework, Agile management methods.

The used methods have to answer the following signs:

• Reliability and effectiveness that assumes a research of a possibility of use of various methods of project management to manage the distributed system as a whole and its individual;

• Innovation, that is identification in portfolio of projects with signs of innovation and application to them the special receptions based on use of the specific indicators allowing to estimate prospects of researches and special conditions of their advance;

• Applicability to a stage of life cycle, which implies the possibility of application of methods at all or separate stages and sub-stages of the life cycle of distributed systems of aviation aircraft;

• Criteria-based focus on specific indicators, which involves the formation of additional procedures that are based on the use of specific indicators to improve the effectiveness of management of the distributed system;

• Algorithm parameter, there is a possibility of graphical visualization in the form of the completed in-processing actions with a text description of each block.

Combining management methods into the groups and their compliance with the formed features makes it possible to develop universal algorithms for the use of specific indicators in the methods of innovation project management in the framework of the formation of a methodical approach to the use of a set of specific indicators to improve the efficiency of project management processes of distributed systems of aviation aircraft.

Prepared by financial support from RFBR, project №17-06-00235

Применение методологии комплексного подхода при изучении экономических проблем в рамках нестабильности экономических систем

Добрянская И.А., Калошина М.Н.
МАИ, г. Москва

Современная международная экономическая система нестабильна. Ее влияние сказывается на экономике стран, деятельности предприятий, благосостоянии населения. Ей присущ ряд проблем, нуждающихся в комплексном всестороннем изучении и анализе. Сущность такого подхода заключается в изучении проблем с разных сторон: не только на основе экономических показателей или отчетности предприятий, но и в разрезе общественного мнения, отражающего неявные аспекты затронутых вопросов.

В процессе изучения поставленных задач выявлено, что исследование общественного мнения включает подготовку опроса, акцентированную на постановке проблемы и сборе информации о выборке, и его проведение, а также анализ данных, позволяющий выявить связь между признаками. Для целей упрощения данных процедур в докладе представлены соответствующие разработанные алгоритмы.

Определены два основных и наиболее простых метода анализа данных, из предложенных в докладе - описательная статистика (визуализация данных) и корреляционный анализ.

Изучены приемы описательной статистики, позволяющие выявлять тенденции, которые не подвергаются математической формализации, но могут быть прослежены при наблюдении при выгодном изображении данных соответствующими графическими инструментальными возможностями. Установлено, что визуализация данных учитывает одновременное влияние на проблему двух и более факторов, что дает возможность углубиться в проблему, найти взаимосвязи и сделать обширные выводы.

Корреляционный анализ данных рассмотрен в форме альтернативной статистики, изучающей влияние друг на друга противоположных признаков, позволяющей выявить зависимости, а также исключить однотипные варианты вопроса для вторичного опроса, что приводит к экономии выделенных на исследования средств.

Эффективность применения методологии комплексного подхода при изучении экономических проблем заключается в возможности их всестороннего изучения, получении расширенных выводов, нахождении скрытых факторов влияния, сложных зависимостей и взаимосвязей. И чем чаще проводят такие интегральные исследования, тем более заметны причины изменений, видно, какие события в большей степени влияют на результат.

Application of the methodology of an integrated approach to the study of economic problems in the context of instability of economic systems

Dobryanskaya I.A., Kaloshina M.N.
MAI, Moscow

The modern international economic system is unstable. Its impact affects the economies of countries, the activities of enterprises, the welfare of the population. She has a number of problems that require comprehensive comprehensive study and analysis. The essence of this approach is to study the problems from different sides: not only on the basis of economic indicators or reporting of enterprises, but also in the context of public opinion reflecting the implicit aspects of the issues raised.

In the process of studying the tasks set, it was revealed that the public opinion survey includes the preparation of a survey focused on raising the problem and collecting information about the sample, and carrying it out, as well as data analysis, which makes it possible to identify the relationship between the signs. For the purpose of simplifying these procedures, the report presents the corresponding algorithms developed.

Two main and simplest methods of data analysis have been identified, from the descriptions proposed in the report - descriptive statistics (data visualization) and correlation analysis.

The techniques of descriptive statistics have been studied that allow one to identify trends that are not subject to mathematical formalization, but can be traced when observing data in favorable images with appropriate graphic tooling capabilities. It is established that visualization of data takes into account simultaneous influence of two or more factors on the problem, which makes it possible to delve into the problem, find interrelations and draw extensive conclusions.

The correlation analysis of the data is considered in the form of alternative statistics that study the influence of opposite signs on each other, which allows to reveal the dependencies, and also to exclude the same type of questions for the secondary survey, which leads to savings of the funds allocated for the research.

The effectiveness of applying the methodology of an integrated approach to the study of economic problems lies in the possibility of their comprehensive study, obtaining expanded conclusions, finding hidden factors of influence, complex dependencies and relationships. And the more often such integral researches are carried out, the more noticeable the reasons for the changes, it is clear which events influence the result to a greater degree.

Влияние экономических факторов на стоимость авиаперевозок

Дроздова Ю.С.
МАИ, г. Москва

Множество факторов воздействуют на формирование стоимости авиаперевозок. Однако помимо политических факторов значительное влияние оказывают еще и экономические факторы. Это, бесспорно, является актуальной проблемой, которая постоянно обостряются в зависимости от среды существования.

В ходе исследования были выделены следующие экономические факторы, прямо воздействующие на величину тарифа:

1. Величина платёжеспособного спроса населения
2. Уровень экономики страны
3. Воздействия длительных кризисов
4. Низкая финансовая эффективность небольших авиакомпаний
5. Нерентабельные маршруты перевозок
6. Пониженная способность прогнозирования потенциального спроса

Оценивая действия данных факторов на конечную величину тарифа, можно сделать вывод, что такой фактор, как длительные кризисы способствуют увеличению уровня процентной ставки в связи с чем, снижается потребительский спрос. Рост ставки препятствует авиакомпаниям брать в аренду или лизинг воздушные суда, что в итоге снижает величину провозных емкостей. Данное обстоятельство снижает выручку авиакомпаний, что в последствии может привести к риску банкротства. Данный факт вынуждает авиакомпании поднимать величину тарифов.

Так как основным показателем, определяющим уровень экономики страны, является ВВП. Соответственно, увеличение ВВП на душу населения способствует увеличению количества перевезенных пассажиров, тем самым дает понять, что вместе с его ростом растет и уровень жизни населения. Это увеличивает спрос на авиаперевозки. ВВП влияет на корпоративный спрос, который в свою очередь зависит от уровня деловой активности. Но возможности личного использования услуг авиаперевозок коррелируют с величиной оплаты труда и дополнительными доходами.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что изменение некоторых факторов напрямую зависят от экономического развития страны, тем самым, зная существующие риски и тенденции, можно скорректировать и спрогнозировать спрос на стоимость авиаперевозок.

The influence of economic factors on the cost of an air transportation

Drozdova Y.S.
MAI, Moscow

Many factors influence the formation of the air transportation costs. However, besides the political factors economic factors have a significant impact too. Undoubtedly, this is an actual problem, which is constantly escalated in accordance with the environment.

During the study, the following economic factors were identified, which are directly affect the tariff:

1. The size of the solvent consumer’s demand
2. The level of the country's economy
3. The impact of the long-term crises
4. Low financial efficiency of the small airlines
5. Unprofitable transportation routes
6. Reduced ability to forecast the potential demand

Evaluating the actions of these factors on the final tariff, it can be concluded that such a factor as long-term crises contribute to an increase of the interest rate, thereby consumer demand decreases. The growth rate prevents airlines from the aircraft leasing, which ultimately reduces the amount of freight capacity. This circumstance reduces the revenue of airlines, which in the

future may lead to the risk of bankruptcy. This fact forces the airlines to raise the tariffs, since the main indicator that determines the level of the country's economy is GDP.

Accordingly, an increase in GDP per capita contributes to an increase in the number of the transported passengers, thereby making it clear that along with its growth, the standard of living of the population also grows. It increases the demand for the air transportation. GDP influences the corporate demand, which depends on the level of business activity. But the opportunities for personal usage of air transportation services correlate with the amount of salaries and other additional income.

The performed researches allow to draw a conclusion that the change of some factors directly depends on the economic development of the country, so knowing the existing risks and trends, it is possible to correct and forecast the demand for the air transportation costs.

Возможности использования SMM в управлении персоналом

Дудинских А.В., Фатихова Э.Р.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день социальные сети крайне плотно вошли в нашу жизнь, и теперь они представляют собой не только ресурс, позволяющий людям общаться с друг другом, но и мощнейшую платформу, предназначенную для обеспечения взаимоотношений между соискателями и работодателями в Интернете.

Благодаря активному использованию социальных сетей в маркетинге образовалось и стало популярным такое направление как SMM или маркетинг в социальных сетях. Сейчас компании используют SMM- технологии для самых разных целей: рекламы и продвижения товаров, анализа конкурентов, общения с лояльной аудиторией, формирования положительного имиджа и даже для более полной организации процесса управления персоналом внутри компании.

На практике компании наиболее часто используют SMM- технологии для трех основных целей: привлечение персонала, HR-брендинг, обеспечение внутрикорпорационных коммуникаций.

Конечно, достигнуть этих целей не так просто, как кажется. К примеру для результативного привлечения персонала необходимо четко определить целевую аудиторию. А следовательно, и подходящую социальную сеть, в которой будет размещаться объявление о вакантной должности.

Социальные сети - отличное место для позиционирования компании на рынке. С помощью них стало возможным принимать во внимания все отзывы, получать обратную связь, а это чрезвычайно важно для создания идеального HR бренда компании.

А поскольку большая часть сотрудников любой компании использует социальные сети в личных целях, то новости о происходящем в компании, предстоящих событиях и результатах работы компании им удобнее будет видеть в своей новостной ленте, нежели на официальном сайте компании.

Социальные сети в управлении персоналом на сегодняшний день являются лишь вспомогательным ресурсом, однако этот механизм маркетинга постоянно развивается и приобретает все более новый и мощный функционал, который при грамотном и умелом использовании способен помочь компании в достижении её целей.

The possibilities of using SMM in HR

Dudinskikh A.V., Fatihova E.R.
MAI, Moscow

Today, social networks are very tightly integrated into our lives, and now they are not only a resource that allows people to communicate with each other, but also a powerful platform designed to ensure the relationship between job seekers and employers on the Internet.

Thanks to the active use of social networks in marketing, such a trend as SMM or marketing in social networks has emerged and become popular. Now companies use SMM-technologies for a variety of purposes: advertising and promotion of goods, analysis of competitors,

communication with a loyal audience, the formation of a positive image and even more complete organization of the process of personnel management within the company.

n practice, companies most often use SMM-technologies for three main purposes: personnel attraction, HR-branding, provision of intra-corporate communications.

Of course, it is not as easy to achieve these goals as it seems. For example, to effectively engage staff, it is necessary to clearly identify the target audience. And consequently, a suitable social network in which the announcement of the vacant position will be posted.

Social networks are an excellent place for positioning a company on the market. With the help of them it became possible to take into account all the feedback, get feedback, and this is extremely important for creating the ideal HR brand of the company.

And since most of the employees of any company use social networks for personal purposes, it will be more convenient for them to see news about what is happening in the company, upcoming events and the results of the company's work in their newsline, rather than on the company's official website.

Social networks in personnel management are only an auxiliary resource for today, however this marketing mechanism is constantly evolving and acquiring an ever-newer and more powerful functional that, with competent and skilful use, can help the company achieve its goals.

Переход на электронный документооборот в транспортной отрасли

[1]Дюльгер А.Д., [2]Толстова Я.А., [2]Гуреев П.М.
[1]МАИ, [2]МИИТ, г. Москва

Переход к электронному документообороту является перспективным направлением во многих стратегиях инновационного развития транспортных компаний.

Рассмотрим платформу удаленного доступа IBM Maximo Mobile Suite V7.5.1. Данная платформа позволит уйти от бумажного документооборота и отладить процессы взаимодействия между сотрудниками, компаниями-подрядчиками, и в целом сократить время выполнения работ [1].

Функционал платформы позволяет:

• Учитывать и резервировать материал, используемый для работы;

• Планировать и указывать трудозатраты;

• Распределять работников по видам деятельности;

• Загружать и выгружать файлы (фотографии неисправностей, акты выполненных работ, чек-листы).

Сокращение времени выполнения работ происходит из-за изменения внутренних процессов [2]. Рассмотрим изменение процессов работы на примере депо «Подмосковная».

Мастер смены не тратит время на заполнение бумажного заказ-наряда, а назначает слесаря на определенную работу онлайн и после ее выполнения трудозатраты проставляются автоматически.

Кладовщик, используя мобильный девайс с установленной на нем платформой, принимает и выдает материал непосредственно рядом с ячейкой хранения (нет необходимости переписывать выданные запчасти, а затем переводить по системе через стационарный компьютер)

Взаимодействие с другими организациями также упрощается. Например, акты выполненных работ формируются автоматически и отсылаются на подтверждение компании-подрядчику, после подтверждения файл автоматически загружается в систему.

Таким образом переход на электронный документооборот влечет за собой процессные и инфраструктурные изменения, но обеспечивает ускорение и точность выполнения работ [3], [4].

Литература:

1. "Projections of occupational employment, 2016–26," Career Outlook, U.S. Bureau of Labor Statistics, October 2017.

2. Mike Prokopeak. The Digital Future Is Human Chief Learning Officer Business Intelligence Board, N=419, May 2018. 3. John Bersentes. Embracing Digital. Using HR tech to

better develop and grow talent, both in the public and private sector. Human capital media. Industry insights. Available at: https://humancapitalmedia.com/

4. Rich Sherman, Senior Fellow. Collaboration 4.0: The Digital Revolution. SupplyChainBrain, 2018, vol. 22, no. 1. Available at: https://www.supplychainbrain.com/

Transition to electronic document management in the transport sector

[1]Dyulger A.D., [2]Tolstova I.A., [2]Gureev P.M.

[1]MAI, [2]MIIT, Moscow

Electronic document management is a promising direction in many strategies of innovative development of transport companies.

IBM Maximo Mobile Suite V7 remote access platform.5.1 discussed in this article. This platform allows you to get away from the paper workflow and debug the processes of interaction between employees, contractors and reduce the time of work [1].

The functionality of the platform allows:

• Take into account and reserve material used for work;

• To plan and specify working hours;

• Distribute employees by type of activity;

• To upload and download files (pictures of all faults, acts of acceptance, check-lists).

Reducing the time of work is due to changes in internal processes [2]. Let's consider the change in the processes of work on the example of depot "Podmoskovnaya".

The shift master does not spend time filling out a paper work order, but appoints a locksmith for a certain job online and labor costs are put down automatically.

The storekeeper, using a mobile device with a platform installed on it, receives and issues the material directly next to the storage cell (there is no need to rewrite the issued spare parts, and then move it in the system through a stationary computer)

Interaction with other organizations is also simplified. For example, acts of work performed are generated automatically and sent to the contractor for confirmation, the file is automatically uploaded to the system after confirmation.

Thus, the use of electronic document management entails process and infrastructure changes, but provides acceleration and accuracy of work [3], [4].

References:

1. "Projections of occupational employment, 2016–26," Career Outlook, U.S. Bureau of Labor Statistics, October 2017.

2. Mike Prokopeak. The Digital Future Is Human Chief Learning Officer Business Intelligence Board, N=419, May 2018.

3. John Bersentes. Embracing Digital. Using HR tech to better develop and grow talent, both in the public and private sector. Human capital media. Industry insights. Available at: https://humancapitalmedia.com/

4. Rich Sherman, Senior Fellow. Collaboration 4.0: The Digital Revolution. SupplyChainBrain, 2018, vol. 22, no. 1. Available at: https://www.supplychainbrain.com/

Методика реорганизации производственного процесса

Евдокимов Д.А., Тихонов Г.В.

МАИ, г. Серпухов

На любом этапе жизни производственных предприятий может возникнуть потребность полного перевооружения основных средств ввиду утраты их производственной актуальности (ухудшения производительности, отсутствия гибкости и прочих факторов). Для более качественного и эффективного перехода на новый производственный уровень следует воспользоваться методикой реорганизации производственного процесса, с помощью которой можно создать универсальный проект для любого производственного предприятия. В контексте данной темы под реорганизацией производственного процесса нужно понимать «необходимость

предприятия в изменении своих структуры и функций». Данный подход актуален для большинства производственных отраслей, включая гражданскую и оборонную.

Перед внедрением данной методики необходимо определить производственный объект и субъект, их состояние и основные проблемы, мешающие выполнению главных задач предприятия.

Первым этапом в создании проекта будет определение типа производственного процесса предприятия. Основными типами считаются: единичный, серийный и массовый.

После завершения первого этапа следует провести анализ факторов производственного процесса предприятия. Для каждого типа производственного процесса данные факторы оцениваются по разному, что позволяет при анализе методики реорганизации выделить наиболее уязвимые элементы производства. Также методика включает принципы организации производственного процесса, следование которым поможет в осуществлении наиболее точной производственной трансформации.

В рамках данного исследования подразумевается проведение финансового анализа предприятия, без которого нельзя аргументировать необходимость и возможность реализации реорганизационных методов. Хорошим дополнением к проекту реорганизации производственного процесса могут послужить маркетинговые и иные исследования, которые позволят создать несколько альтернатив дальнейшего развития компании. На заключительном этапе составляется план мероприятий реорганизации и основная смета.

Методика реорганизации производственного процесса основана на широкой теоретической базе и на опыте множества различных производственных источников. Это придает ей гибкость в применении к различным видам производства и позволяет учитывать многие типы данных, что позволит снизить возможные риски.

Methodology for the reorganization of the production process

Evdokimov D.A., Tikhonov G.V.
MAI, Serpukhov

At any stage during the life of industrial companies, there may be a need for a complete re-equipment of main economic instruments because of their degradation. To reach a new level in productivity you might have to take a look on the methods of manufacturing reorganization. They may help us to create a new industrial project. In the context of this theme, under the term "reorganization of the production process", one must understand that it means the "necessity of company to change its main structure and reshape its functioning". This approach is relevant for most manufacturing industries, including civil and defensive types.

Before the implementation of this technique, it is necessary to determine the production objects and subjects, their condition and the main problems that may disturb the fulfillment of main manufacturing tasks.

First of all in creating of a theoretical model we have to define the type of production process of the company. The main types are: single, serial and mass production.

The second stage have to be the analysis of the factors of the production process. For each type of production process, these factors represent a different degree of significance. The analysis makes it possible to identify the most vulnerable elements of production. A special technique will help to reach most accurate production transformation.

During our analysis it is also important to examine a financial sphere of the company. Without this it will be impossible to argue the need and the possibility of realization of reorganization methods. A good addition to the project can also be special researches, such as marketing e.t.c. It will help us to create several alternatives for further development of the company. In the end we must make a plan of reorganization measures and a basic price-list.

The methodology for reorganizing of production process based on a wide theoretical field. It also includes the experience of many industrial subjects. It provides our methodology with the flexibility to solve the problems of different types of production. It is also important that our technique may work with various types of data, so it will reduce possible risks.

Основные задачи и принципы сервисного обслуживания экспортной авиационной техники военного назначения на основе контрактов «о логистических результатах»

Ерёмин М.Ю.
МАИ, г. Москва

Существующая система послепродажной поддержки авиационной техники военного назначения (далее АТ ВН) основывается на выполнении разовых контрактов, общая стоимость которых формируется путем суммирования всех видов работ, издержек и стоимости поставляемого имущества умноженного на объем партии каждого наименования продукции.

Большинство изготовителей комплектующих изделий и ремонтных предприятий ОПК в действующей системе ВТС являются монополистами на рынке и заинтересованы в сохранении действующей модели послепродажного обслуживания. Это обусловлено тем, что их прибыль включена в стоимость каждой поставки. И чем больше заключенных контрактов, тем больше прибыль, и, следовательно, поставщик, так или иначе, не заинтересован в обеспечении высокого качества своей продукции.

По состоянию на сегодняшний день декларируются следующие основные задачи для повышения экспортного потенциала АТ ВН российского производства:

1. Экономическое привлечение соисполнителей к выполнению долгосрочных контрактных обязательств в полном объеме и в установленные контрактом сроки.
2. Стимулирование предприятий к повышению качества продукции.
3. Эффективное использование военного бюджета инозаказчиков.
4. Снижение затрат на производство АТ ВН за счет инноваций.
5. Повышение конкурентоспособности отечественной АТ ВН на внешних рынках.

Для того чтобы решить перечисленные задачи в качестве условно комплексного решения в зарубежной практике получила распространение и свое признание экономически привлекательная система сервисного обслуживания, базирующуюся на осуществлении сделок, которые ориентированы не на способ выполнения необходимых инозаказчику работ, а на конечный результат, который может быть представлен в виде одного или нескольких показателей:

- Коэффициент исправности ИАТ;
- Эксплуатационная готовность Ai;
- Частота отказов АТ ВН перед вылетом W;
- Количество состоявшихся вылетов SCR;
- Показатель реакции на удовлетворение потребностей Туд.

Логика такой системы заключается в подходе к приобретению товаров и услуг от конечного числа соисполнителей на основе соглашения между инозаказчиком и субъектом военно-технического сотрудничества о логистических результатах в обмен на систему оплаты «периодические выплаты + вознаграждение». Одним из ключевых моментов предлагаемой системы сервисного обслуживания АТ ВН заключается в совместном сопровождении эксплуатации АТ ВН и постоянному планированию поставок и работ, экономически эффективному расходованию ресурсов.

Main tasks and principles of maintenance service of export aircraft engineering for military use on the basis of contracts "on logistics results"

Eremin M.Y.
MAI, Moscow

The existing system of after-sales support of aircraft engineering for military use (hereinafter AEFMU) is based on the implementation of one time contracts, the total value of which is formed by summing up all types of work, costs and value of the supplied property multiplied by the volume of the lot of each product name.

In current MTC system most manufacturers of components parts and repair services of the MIC are monopolists in the market and are interested in maintaining the current model of after-sales support. This is due to the fact that their profits are included in the cost of each delivery.

And the more contracts are concluded, the greater the profit, and therefore the supplier, in one way or another, is not interested in ensuring the high quality of its products.

At the moment for increasing the export potential of Russian-made AEFMU the following main tasks are declared:

1. Economic engaging of co-executors to the fulfillment of long-term contractual obligations in full and on time.
2. Stimulation of enterprises to improve the quality of products.
3. Efficient use of military budgets of foreign customers.
4. Reducing costs for the production of AEFMU due to innovations.
5. Increasing the competitiveness of domestic AEFMU in foreign markets.

In order to solve the above tasks as a conditionally complex solution in foreign practice an economically attractive service system has been spread and received recognition, based on the implementation of transactions that are oriented not on the way of performing the work necessary for a foreign customer but on the final result that can be presented in one or more indicators:

• Factor of serviceability ИАТ;
• Operational readiness Ai;
• Failure rate of AEFMU before departure W;
• Number of departures SCR;
• Indicator of response to meeting the needs.

The logic of such system consists in the approach to the acquisition of goods and services from a finite number of co-executors on the basis of an agreement between a foreign customer and a subject of military-technical cooperation on logistical results in exchange for a "periodic payments + remuneration" payment system. One of the key points of the proposed service system for AEFMU is the joint maintenance service of the operation of AEFMU and constant planning of supplies and works, cost-effective use of resources.

Разработка рекомендаций по финансовому оздоровлению предприятия космической промышленности ПАО «РКК «Энергия»

Ермилов В.О., Алексеева П.А.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день современные российские предприятия сталкиваются с проблемой оптимизацией затрат. Управление затратами является важной составляющей политики предприятия, поэтому существенно выросла проблема учета, анализа и контроля затрат на предприятиях. В своих работах российские ученые приводят следующее определение понятия «управление затратами»: это область управленческой деятельности, как средство достижения предприятием высокого экономического результата. Исходя из этого, стоит отметить важность проведения мероприятий по оптимизации существующих затрат на предприятии и улучшению финансового состояния организации Проведя анализ использования ресурсов компании предприятия космической промышленности ПАО РКК «Энергия», были предложены рекомендации по экономии ресурсов и максимизации отдачи от них на всех этапах производственного цикла. По нашему мнению, для улучшения финансового состояния рассматриваемого предприятия необходимо провести следующие мероприятия: 1. Увеличить прибыль от реализации. В этой связи предприятию необходимо наращивать объемы производства и реализации за счет привлечения новых клиентов, предоставления системы скидок. 2. Чтобы обеспечить бесперебойный производственный процесс и реализации продукции, производственные запасы должны быть оптимальными. Достижение высоких финансовых результатов деятельности предприятия, максимизация прибыли и повышение эффективности производства невозможно достичь без эффективного управления затратами на производстве. На основе произведенного анализа финансово-экономического состояния предприятия мы пришли к выводу, что созданы все необходимые условия для будущего развития ПАО «РКК «Энергия». Литература:

1. Чайка, Надежда Кирилловна. Исследование и разработка методов оценки программ работ по финансовому оздоровлению предприятий: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.05. - Москва, 2005. - 193 с.

2. Алексеева П.А., Чайка Н.К. Разработка оценки эффективности труда персонала компании аэрокосмической отрасли Труды XIX Всероссийской научно-технической конференции: в 4 томах. – Новосибирск, 2018– С. 9 – 13.

3. Ермолаева Е.Н., Мачнев Е.А., Семенов П.Н. «Управление затратами» – М.: «ИВАКО Аналитик», 2010

Recommendations development for financial recovery of the space industry enterprise RSC Energia

Ermilov V.O., Alekseeva P.A.
MAI, Moscow

Today the modern Russian enterprises face a problem of expenses optimization. Expenses management is an important component of the enterprise policy therefore the problem of account, the analysis and control of expenses at the enterprises has significantly grown. In the articles of the Russian scientists the following definition of the concept «management of expenses» is given: it is an area of administrative activity as means of achievement of high economic result by the enterprise. Proceeding from it, It should be noted importance of holding actions for optimization of the existing expenses at the enterprise and to improvement of a financial condition of the organization Having carried out the analysis of use of resources of the company of the enterprise of the space industry of PJSC RSC Energia, the recommendations about economy of resources and maximizing return from them at all stages of a production cycle have been offered.

According to us, for improvement of a financial condition of the considered enterprise it is necessary to hold the following events: 1. To increase profit on realization. In this regard the enterprise needs to increase the outputs and realization due to involvement of new clients, granting system of discounts. 2. To provide uninterrupted production and product sales, production stocks have to be optimum. Achievement of high financial results of activity of the enterprise, maximizing have arrived and increase in production efficiency cannot be reached without effective management of expenses on production. On the analysis of a financial and economic condition of the enterprise, we concluded that all necessary conditions for future development of PJSC RSC Energia are created.

References:

1. Chaika N. K. The research and development of methods of assessment of the programmes of work on financial improvement of the enterprises: dissertation ... candidate of economic Sciences: 08.00.05. - Moscow, 2005. - 193 p.

2. Alekseeva P.A., Chaika N. K. Development of evaluation of the efficiency of personnel of the aerospace industry Proceedings of the XIX all-Russian scientific and technical conference: in 4 volumes. - Novosibirsk, 2018-P. 9-13.

3. Ermolaeva, E. N., Macnew E. A., Semenov P. N. "Cost management" – M.: "ivako Analitik", 2010

Определение состояния технического потенциала предприятий на основе модифицированной модели факторов производства

Жемердеев О.В., Кондратенко А.Н.
НПО «Техномаш», г. Москва

Главные показатели, характеризующие технический потенциал предприятия: технический уровень (ТУ) производства, определяемый ТУ ведущих элементов основных производственных фондов (ОПФ) и реальный износ (И). Для определения ТУ предложенная классификация оборудования расширена с учётом следующих элементов ОПФ: конструкций чистых зон и помещений (ЧЗП), в т. ч. инженерных систем, модульных или встроенных в существующие строительные конструкции, соответствующих

определенному классу чистоты в соответствии с ISO. Каждой группе элементов ОПФ в классификации сопоставляется ТУ l, принимающий значения от 1 до 7. Учёт ЧЗП особенно актуален при определении ТУ предприятий приборостроения, производства электронных компонентов и оптических элементов, а также некоторых сборочных производств машиностроительной продукции, в т. ч. сборки космических аппаратов.

Базовый коэффициент ТУ производства на предприятии определяется как средневзвешенное значение l. Вычисление весовых коэффициентов проводится с использованием полной учётной (восстановительной) стоимости элементов групп, приведенной (для каждого элемента) к ценам текущего года с использованием индексов-дефляторов МЭР «Инвестиции в основной капитал». Расчетная формула основывается на эффекте снижения затрат труда с возрастанием ТУ l, а весовой коэффициент учитывает осуществленные капитальные вложения. Коэффициент ТУ отдельного вида производства (технологического передела) определяется аналогичным образом.

Транзитивный коэффициент ТУ производства является дополнительным инструментом мониторинга и прогнозирования ТУ производства. Его расчёт аналогичен расчёту коэффициента ТУ производства. Вместе с тем, при вычислении весовых коэффициентов, кроме полной учётной (восстановительной) стоимости элементов групп, учитывается реальный износ элементов ОПФ. Для определения реального износа элементов наиболее предпочтительным представляется использование метода вероятностных моделей на основе логнормального распределения. Транзитивный коэффициент ТУ представляет интерес для формирования тренда базового коэффициента ТУ в результате выбытия элементов ОПФ. Реальный износ И определяется как средневзвешенное значение реального износа элементов ОПФ.

Разработанный метод основан на доступных входных данных, а предложенные показатели состояния технического потенциала непосредственно «привязаны» к капитальным вложениям.

Evaluation of enterprise technological capacity based on the modified model of production factors

Zhemerdeev O.V., Kondratenko A.N.
NPO “Technomash”, Moscow

The core indicators, which characterize the enterprise's technological capacity are: actual wear (W) and production technical level (TL), specified by TL of the main proceedings in basic production assets (BPA). The equipment classification proposed in has beenмexpanded in order to determine the technical level, in terms of the following elements of basic production assets: clean area structures and rooms, including utility systems, modular or integrated into existing building constructions, which are corresponded to the specific cleanliness class according to ISO. Each element group of basic production assets in the classification is associated with the technical level, l; the technical level possessing the value from 1 to 7. Consideration of clean areas and rooms is especially relevant in definition of technical level at the instrument engineering enterprises, electronic components and optical elements manufacturing as well as some machine-building products assembling, including space vehicle assembling.

Basic coefficient of production technical level at the enterprise is defined as weighted mean value, l. Weighting factors calculation is carried out using gross book (replacement) value of group's elements, which is given (for each element) to current year prices by using «Fixed Investments» deflator indexes of Ministry of Economic Development. The calculating formula is based on the effect of labor efforts decrease with the growth of technical level, l, and weighting factor considers the capital investments has been made. A technical level coefficient for particular production method (process stage) is defined in the same way.

The transitive coefficient of production technical level is an extra tool for monitoring and prediction of production technical level. Its calculation is the same as for the coefficient of production technical level. At the same time, the actual wear of basic production assets elements is considered during weighting factor calculation except the gross book (recaptured) value of

group elements. Transitive coefficient of production technical level is attractive for formation of basic technical level coefficient trend as the result of basic production assets elements disposal. Actual wear (W) is defined as weighted average value of actual wear of basic production assets elements.

Developed method is based on an open input data, and the proposed variables of technological capacity is "bounded" with capital investments.

Повышение эффективности обучения персонала на основе посттренингового сопровождения

Жураховская И.М., Кузнецова И.В., Чеметева А.И.
МАИ, г. Москва

Все мероприятия по посттренинговому сопровождению можно разделить на обучающие – такие, которые способствуют лучшему усвоению, и поддерживающие – не позволяющие знаниям ухудшиться. Обучающие – это коучинг, наставничество, разбор трудных ситуаций, практические работы. Поддерживающие – обмен опытом, оценка персонала, консультации.

Считается, что активные действия по закреплению знаний и навыков, освоенных на тренинге, нужно начинать через 4–6 недель. Это объясняется тем, что 90% выученного материала забывается в течение 30 дней.

Нельзя планировать посттренинговое сопровождение по принципу «хорошо бы и это провести». Если, к примеру, выяснилось, что сотрудники, посещавшие тренинг, не запомнили львиную долю того, что им объясняли, то необходимо организовать мини-тренинги и мини-лекции. А если, к примеру, сотрудники и запомнили, и уяснили информацию, но не знают, как ее применять, то нужны другие закрепляющие мероприятия – работа с наставником, круглые столы, в ходе которых происходит обмен опытом, реализация проектных заданий.

Далее необходимо менеджеру по персоналу разработать чек-листы, либо вместе с тренером, который проводил обучение, либо с руководителем. В него включить список компетенций, которые должны были развить сотрудники в результате тренинга, индикаторы, этап работы, где этот навык лучше всего заметен, шкалу баллов. Непосредственный руководитель наблюдает за своими подчиненными и тщательно фиксирует, какие новые навыки они демонстрируют, а какие – нет.

По чек-листу и результатам теста необходимо составить базу ошибок и книгу достижений.

Литература:

1. Жураховская И.М., Шолотонова Е.С., Сергиенко А.Н. Особенности обучения руководителей//В книге: Авиация и космонавтика - 2017 тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2017. С. 666-668.

2. Кузнецова И.В. Корпоративное управление в России: проблемы, подходы, практика //Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. №3. С. 60-75.

3. Семина А.П., Федотова М.А.Обзор обучения персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления//В книге: Управление персоналом аэрокосмической отрасли Электронный ресурс. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 78-80.

Increase in learning efficiency of personnel on the basis of post-training maintenance

Zhurakhovskii I.M., Kuznetsova I.V., Chemeteva A.I.
MAI, Moscow

All actions for post-training maintenance can be divided on training – such which promote the best assimilation, and supporting – not allowing knowledge to worsen. Training is a

coaching, mentoring, analysis of difficult situations, practical works. Supporting – exchange of experience, performance appraisal, consultations.

It is considered that active actions for fixing of knowledge and skills mastered on a training need to be begun in 4–6 weeks. This results from the fact that 90% of the learned material are forgotten within 30 days.

It is impossible to plan post-training maintenance by the principle "well and to carry out it". If, for example, it has become clear that the employees attending a training haven't remembered the lion's share of the fact that they explained to them, then it is necessary to organize mini-trainings and mini-lectures. And if, for example, employees both have remembered, and have understood information, but don't know how to apply it, then other fixing actions – work with the mentor, round tables during which there is an exchange of experience, implementation of detailed designs are necessary.

Further the HR manager needs to develop the check sheets, or together with the trainer who provided training, or with the head. To include the list of competences which employees as a result of a training had to develop, indicators, a work stage where this skill is best of all noticeable, a scale of points in him.

References:

1. Zhurakhovskaya I.M., Sholotonova E.S., Sergienko A.N. Features of training of heads//In the book: Aircraft and astronautics - 2017 theses. Moscow aviation institute (national research university). 2017. Page 666-668.

2. Kuznetsova I.V. Corporate management in Russia: problems, approaches, practician//Messenger of the Moscow state regional university. Series: Economy. 2018. No. 3. Page 60-75.

3. Syomina A.P., Fedotova M.A. The review of training of personnel in the modern companies: problems and the new directions//In the book: Human resource management of space branch Electronic resource. Collection of theses of reports of a scientific and practical conference Moscow aviation institute (national research university). 2016. Page 78-80.

Проблемы эффективности системы премирования сотрудников в компании

Жураховский А.С., Сергеенкова К.В.
МАИ, г. Москва

Оценивать эффективность системы премирования нужно не раньше, чем через три отчетных периода после ее внедрения в компании.

После того, как внедрили систему премирования в компании, и прошел один отчетный период, сотрудники лишь начали адаптироваться к ней. Во втором периоде работники уже стремятся достичь установленных KPI и пытаются улучшить свою работу. Только в третьем отчетном периоде сотрудники полностью адаптируются к системе премирования и проявляют к ней лояльность.

Проанализировать эффективность системы премирования в компании можно по пяти основным параметрам: прозрачность системы премирования (опрос); анализ дохода (сравнительный анализ доходов сотрудников компании с рыночными данными); анализ выполнения KPI (анализ выполнения KPI – сколько сотрудников и насколько выполнены ключевые показатели эффективности); динамика показателей доходов и расходов на премирование (сравнительный анализ роста/снижения расходов на премирование), анализ ROI (сравнительный анализ двух периодов: объем доходов/ объем расходов).

В итоге необходимо отметить, что если больше 10% персонала имеет зарплату выше среднерыночной, значит, систему премирования нужно доработать. Рост доходов компании должен опережать рост расходов на систему премирования. Тогда можно позитивно оценивать систему. Следует не только замерять рентабельность затрат на систему премирования, но и выявлять динамику этого показателя и выяснять, как сотрудники оценивают ее, считают ли прозрачной и понятной.

Литература:

1. Жураховский А.С. Проблемы формирования эффективной системы управления талантами в современных организациях //Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. № 2. С. 78-84.

2. Жураховский А.С., Назаренко П.П. Управление командообразованием в современной организации//В книге: Авиация и космонавтика - 2017 тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2017. С. 627-629.

3. Чекан А.А., Жураховская И.М. Проблемы и особенности применения типовых технологий управления персоналом на различных этапах жизненного цикла организации// Научный вестник Волгоградского филиала РАНХиГС. Серия: Экономика. 2015. № 3. С. 92-94.

Problems of system effectiveness of awarding of employees in the company

Zhurakhovskii A.S., Sergeyenkova K.V.

MAI, Moscow

It is necessary to estimate system effectiveness of awarding not earlier, than through three reporting periods after her introduction at the companies.

After have introduced the system of awarding in the company, and there has passed one reporting period, employees only have begun to adapt to her. In the second period workers already seek to reach the established KPI and try to improve the work. Only in the third reporting period employees completely adapt to the system of awarding and show to it loyalty.

It is possible to analyse system effectiveness of awarding in the company on five key parameters: transparency of system of awarding (poll); the analysis of income (the comparative analysis of income of staff of the company with market data); the analysis of performance of KPI (the analysis of performance of KPI – how many employees are also how executed key performance indicators); dynamics of indicators of income and expenses on awarding (comparative analysis of growth/decrease in expenses on awarding), analysis of ROI (comparative analysis of two periods: volume of income/volume of expenses).

As a result it should be noted that if more than 10% of personnel have salary above average market, so the system of awarding needs to be finished. Growth in incomes of the company has to advance growth of expenses on the system of awarding. Then it is possible to estimate system positively. It is necessary not only measure profitability of costs of the system of awarding, but also to reveal dynamics of this indicator and to find out how employees estimate her whether they consider transparent and clear.

References:

1. Zhurakhovsky A. S. Problems of formation of an effective control system of talents in the modern organizations//the Bulletin of the Moscow state regional university. Series: Economy. 2018. No. 2. Page 78-84.

2. Zhurakhovsky A. S., Nazarenko P. P. Management of team building in the modern organization//In the book: Aircraft and astronautics - 2017 theses. Moscow aviation institute (national research university). 2017. Page 627-629.

3. Chekan A.A., Zhurakhovskaya I.M. Problems and features of use of standard technologies of human resource management at various stages of life cycle of the organization//the Scientific bulletin of the RANEPA Volgograd branch. Series: Economy. 2015. No. 3. Page 92-94.

Использование педагогической технологии разноуровневого обучения для подготовки студентов экономических специальностей для авиационно-космической отрасли

Журбенко Н.Л.

МАИ, г. Москва

Обучение ИЯ в вузах, которые готовят специалистов экономических специальностей для авиационно-космической отрасли, владеющих ИЯ как средством осуществления профессиональной деятельности, в настоящее время строится с учетом принципов

гуманистической педагогики, личностно-ориентированного подхода в соответствии с новыми ФГОС.

К педагогическим технологиям, отвечающим закономерностям личностно-ориентированного подхода можно отнести: практические занятия с элементами проблемного изложения материала [1]; обучение в сотрудничестве; исследовательский метод; портфель ученика; разноуровневое обучение [2, 3].

Учитывая принципы формирования групп по изучению ИЯ в технических вузах, использование разноуровневого обучения является актуальным и необходимым инструментом. Применение данной технологии является сложным с методической точки зрения. Цель дифференциации – обеспечить каждому учащемуся условия для максимального развития его способностей в процессе освоения содержания образования. Различают внешнюю и внутреннюю дифференциацию.

При внешней дифференциации учащиеся по индивидуальным признакам объединяются в учебные группы, различные одна от другой по уровню подготовки и по поставленной цели обучения. Это противоречит сути высшего образования. В рамках подготовки специалистов по одной специальности мы не можем брать за основу тот факт, что в результате обучения выпускники будут владеть какими-либо умениями на разных уровнях. Под внутренней дифференциацией понимается такая организация учебного процесса, при которой индивидуальные особенности учащихся учитываются в условиях организации учебной деятельности на уроке в одной аудитории.

Обеспечение дифференцированного обучения предусматривает соответствующую разработку учебного материала, его гибкое структурирование, использование разноуровневых учебных материалов и детальное планирование занятий.

Использование педагогической технологии разноуровневого обучения приводит к хорошим результатам и обеспечивает высокий уровень владения ИЯ у выпускников.

Литература:

1. Ковалевская Е.В. Проблемное обучение: подход, метод, тип, система (на материале обучения иностранным языкам). – М.: МНПИ, 2000. – 256 с.

2. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. — М.: Академия, 2002. — 272 с.

3. Современные педагогические и информационные технологии всистеме образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. — 3-е изд., стер. — М.: Академия, 2010 – 368с.

Pedagogical technology of differentiation for teaching ESL students of economic professions for aerospace industry

Zhurbenko N.L.
MAI, Moscow

Nowadays teaching ESL students of economic professions for aerospace industry, who are going to use English as a working language, is based on the principles of humanistic pedagogy and student-oriented approach according to the new standards for higher education.

Pedagogical technologies correspondent to student-oriented approach include practical trainings with elements of problematically given material [1]; learning in cooperation; research method; student's portfolio; technology of differentiation [2, 3].

Considering the principles of formation of groups for studying languages in technical colleges usage of the technology of differentiation is relevant and necessary. Implementation is difficult from the methodical point of view. The purpose of differentiation is to provide conditions for every student for the maximum development of his or her abilities while studying. External differentiation and internal differentiation are distinguished.

In the frames of external differentiation students are divided in educational groups on personal criteria, groups vary on the level of English and on training goals. It contradicts an essence of the higher education. Within training of specialists of one profession we cannot imply that the level of any subject can be different. Internal differentiation is understood as a special

organization of educational process when specific features of every student are considered in the conditions of the organization of educational activities at the lesson.

Pedagogical technology of differentiation for teaching ESL students implies special preparation of materials for lessons for all levels of students in one group, its flexible structuring, detailed planning of all the activities during the lesson.

The usage of pedagogical technology of differentiation for teaching ESL students guarantees good results and provides high level of proficiency.

References:

1. Kovalevskaya E.V. Problem training: approach, a method, type, system (on material of training in foreign languages). – M.: MNPI, 2000. – 256 pages.

2. E.S. Polat. New pedagogical and information technologies in education. — M.: Academy, 2002. — 272 pages.

3. Modern pedagogical and information technologies in education / E.S. Polat, M.Y. Bukharkina.— M.: Academy, 2010 – 368 pages.

Концептуальный взгляд на задачи магистерской подготовки в ИИЯ МАИ

Зубанова С.Г.
МАИ, г. Москва

• Научная направленность деятельности Института Иностранных языков МАИ по направлению подготовки 45.04.02 «Лингвистика» (Магистерская программа «Теория перевода и межкультурная коммуникация») подразумевает осуществление профессиональной переводческой деятельности в сферах межкультурной коммуникации и общественных связей, а также в сфере лингвистического образования.

• Понимание современных направлений развития лингвистики и отражение их в структуре и концепции программы делает программу конкурентоспособной не только на российском, но и на внешнем рынке.

• Усиление роли иностранного языка в профессиональной подготовке выпускников МАИ, несомненно, будет содействовать усилению престижа как университета в его классическом понимании, так и каждой конкретной специальности.Обучение в магистратуре ИИЯ МАИ по программе «Теория перевода и МКК» планируется осуществлять на основе современных контекстно-интерактивных методов, принятых в системе бизнес-образования, а также предполагается активное использование в учебном процессе кейсовой методики, ролевых, деловых игр, «мозгового штурма» и др.

• Предлагаемая ИИЯ МАИ магистерская программа обладает рядом существенных отличий от конкурентов, обеспечивающих ей возможность более четкого и продуманного позиционирования как в среде выпускников бакалаврских программ по фундаментальной и прикладной лингвистике, так и среди прочих абитуриентов: программа МАИ включает в себя такие уникальные и важные для отрасли дисциплины, как «Перевод научно-технического текста авиационной тематики», «Аннотирование и реферирование авиационного текста», а также практики в авиационной отрасли: производственную, научно-производственную и научно-исследовательскую. Ориентированность программы на широкую аудиторию абитуриентов с разным бекграундом и ее гибкая структура дает возможность ей занять особую нишу относительно программ, не связанных с лингвистикой: программа расширяет компетенции студентов, дает возможность овладеть новой специальностью или же дополнить уже имеющиеся профессиональные навыки совершенно новыми умениями.

Conceptual view on the objectives of the masters' training at the MAI IFL

Zubanova S.G.
MAI, Moscow

• The scientific orientation of the MAI Institute of Foreign Languages in the field of training 45.04.02 "Linguistics" (Masters' program "Translation Theory and Intercultural

Communication") implies carrying out professional translation in the areas of intercultural communication and public relations, as well as in the field of linguistic education.

• Understanding of modern trends in the linguistics' development and their reflection in the structure and concept of the program makes the program competitive not only on the Russian, but also on the foreign market.

• Strengthening of the role of foreign languages in the professional training of the MAI graduates will undoubtedly contribute to enhancing the prestige of both the university in its "classical" meaning and of each specific discipline taught at the university. The masters' training programme "Translation theory and Intercultural Communication" at the MAI IFL is contemplated to be carried out on the basis of modern contextual and interactive methods adopted in the system of business education. In addition to that, case-based learning, role-playing, business games, brainstorming and other methods are expected to be actively used in the learning process.

• The masters' program offered by the MAI IFL has a number of significant advantages compared to its competitors, which enable it to have a clearer and more thought-through positioning among both graduates of bachelors' programs in fundamental and applied linguistics and among other prospective students: the MAI program includes such unique and important disciplines as "Translation of the scientific and technical text on aviation topics", "Annotating and summarizing aviation-related texts", as well as internships in the aviation industry: industrial training, industrial research internship and research and development internship. The focus of the program on the broad audience with different backgrounds and its flexible structure allows it to fill a unique niche as regards non-linguistic programs: the program expands the students' competencies, gives opportunities to master in a new field or to supplement the existing professional skills with completely new ones.

Разработка стратегии развития авиационного предприятия основанной на опережающем развитии человеческого потенциала

Зуева Т.И.
МАИ, г. Москва

Стратегическое управление предприятием является одним из важнейших видов в системе управления. Главной целью стратегического управления авиационного предприятия в настоящее время является необходимость обеспечения непрерывного и устойчивого его развития в динамичных условиях внешней среды.

Персонал является объектом стратегического управления, то есть персонал - стратегия является одной из функциональных стратегий предприятия. В деятельности отечественных предприятий стратегическое управление человеческими ресурсами предполагает использование ключевых компетенций работников, то есть тех уникальных возможностей персонала, которые создают высокую стоимость и дифференцируют организацию относительно конкурентов, способствуют формированию конкурентных преимуществ предприятия и достижению организационной эффективности.

В работе предложена стратегия развития предприятия, основанная на опережающем развитии человеческого потенциала, рассмотрены сценарии развития, проведена экспертная оценка предполагаемых результатов внедрения стратегии. Для оценки кадрового потенциала предприятия предлагается применить оригинальный комплекс показателей, позволяющих оценить основные элементы человеческого потенциала: трудовой, социальный, мотивационный, интеллектуальный.

Показатели оценки потенциала предприятия предлагается включить в состав показателей оценки деятельности предприятия, использовать интегральную оценку и оценку элементов потенциала, в том числе, кадровой составляющей. Данные показатели должны рассматриваться (в динамике) во внутренней отчетности предприятия как индикаторы его состояния, сигнализировать о результатах и возможностях достижения предприятием состояния стабильного инновационного развития в долгосрочном периоде.

Creation of the aircraft enterprise development strategy based on the advancing human development

Zueva T.I.
MAI, Moscow

Strategic business management is one of the major types in a control system. A main goal of strategic management of the aircraft enterprise is need of ensuring continuous and his sustainable development for dynamic environmental conditions now.

The personnel are object of strategic management that is the personnel - strategy are one of the functional strategy of the enterprise. In activity of the domestic enterprises the strategic management of human resources assumes use of key competences of workers, that is those unique opportunities of personnel which create high cost and differentiate the organization concerning competitors, promote formation of competitive advantages of the enterprise and achievement of organizational efficiency.

The development strategy of the enterprise based on the advancing human development is offered in present paper, scenarios of development are considered, expert assessment of estimated results of introduction of strategy is carried out. It is offered to apply an original complex of the indicators allowing to estimate basic elements of human potential to assessment of personnel capacity of the enterprise: labor, social, motivational, intellectual.

Indicators of assessment of capacity of the enterprise are offered to be included in structure of indicators of assessment of activity of the enterprise, to use integrated assessment and assessment of elements of potential, including, a personnel component. These indicators have to be considered (in dynamics) in the internal reporting of the enterprise as indicators of his state, to signal about results and opportunities of achievement of a condition of stable innovative development by the enterprise in the long-term period.

Разработка программы улучшения морально-психологического климата на предприятии авиационной промышленности

Измайлова Д.М., Просвирина Н.В.
МАИ, г. Москва

Авиационная промышленность находится в стадии активного развития, и кадровый состав играет в этом одну из ключевых ролей, именно поэтому актуальность проблемы оптимизации морально-психологического климата в коллективах предприятий отрасли в настоящее время не вызывает сомнений.

Морально-психологический климат внутри коллектива предприятий авиационной промышленности - это система психологического настроя всех членов коллектива, который проявляется в отношении друг к другу, а также к работе, событиям и самой организации в целом на основании личностных ценностей в индивидуальном развитии.

В структуру морально-психологического климата входят два основных компонента - отношение к труду и отношения людей в коллективе. Отношения в коллективе в свою очередь делятся на два подпункта, отношение коллег друг к другу и отношения в системе руководитель-подчиненный. Важнейшим фактором морально-психологического коллектива является культура человеческого общения и культура организации труда.

Целью моей работы является разработка программы улучшения морально-психологического климата на предприятии авиационной промышленности. Для этого были поставлены и решены следующие задачи:

Изучены роль и влияние морально-психологического климата на эффективную деятельность персонала;

Проанализированы и выявлены особенности морально-психологического климата на предприятиях авиационной промышленности;

Исследованы факторы и условия, влияющие на морально-психологический климат;

Изучены меры предотвращения стрессовых ситуаций при найме новых сотрудников и меры оздоровления уже сложившегося коллектива;

Основные приемы для устранения негативно влияющих на коллектив факторов

Выявлены основные приемы для устранения негативно влияющих на коллектив факторов;

Разработаны мероприятия по улучшению морально-психологического климата на предприятии авиационной промышленности.

Подводя итог, можно заключить, что создание программы по улучшение морально-психологического климата в коллективе сможет решить проблемы психологического настроя подчиненных, повышая тем самым эффективность.

Development of a program to improve the moral and psychological climate in the company

Izmailova D.M., Prosvirina N.V.
MAI, Moscow

The aviation industry is in the stage of active development, and the personnel plays a key role in this, which is why the relevance of the problem of optimizing the moral and psychological climate in the teams of the industry enterprises is currently not in doubt.

Moral and psychological climate within the team of aviation industry enterprises is a system of psychological attitude of all members of the team, which manifests itself in relation to each other, as well as to work, events and the organization as a whole on the basis of personal values in individual development.

The structure of the moral and psychological climate includes two main components-the attitude to work and the attitude of people in the team. Relations in the team, in turn, are divided into two sub-items, the attitude of colleagues to each other and the relationship in the head-subordinate. The most important factor of the moral and psychological team is the culture of human communication and the culture of work organization.

The purpose of my work is to develop a program to improve the moral and psychological climate in the aviation industry. For this purpose the following tasks were set and solved:

Studied the role and influence of the moral-psychological climate for the effective operation of the staff;

The features of moral and psychological climate at the enterprises of aviation industry are analyzed and revealed;

The factors and conditions affecting the moral and psychological climate are investigated;

Studied measures to prevent stressful situations when hiring new employees and measures for improvement of the existing team;

the Basic techniques to eliminate negative influence on the team factors

The main methods for eliminating factors negatively affecting the team are revealed;

Measures have been developed to improve the moral and psychological climate in the aviation industry.

Summing up, we can conclude that the creation of a program to improve the moral and psychological climate in the team will be able to solve the problems of psychological attitude of subordinates, thereby increasing efficiency.

Экологические аспекты работы авиастроительного предприятия

[1]Кабанов А.С., [1]Сорокин А.Е., [1]Афонина О.А., [1]Галкина Е.Е., [2]Евстратов С.В.
[1]МАИ, г. Москва; [2]РКК «Энергия», г. Королёв

Воздействие продукции авиастроительных предприятий на окружающую среду (ОС) приводит к все усложняющимся экологическим проблемам, которые следует решать путем внедрения Системы Экологического Менеджмента (СЭМ). Такую систему по данным ООН мировое сообщество относит к «ключевой доминанте устойчивого развития и одновременно к высшим приоритетам промышленной деятельности и предпринимательства».

Совершенствовать экологические характеристики продукции авиапредприятий следует в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента – требования и руководство по применению». К

важным экологическим требованиям при производстве авиатехники относятся управление энергоресурсами, водными ресурсами, сырьем, ресурсосбережением, энергосбережением, сокращением отходов, выбором транспортировки, снижением шума, вибрации, электромагнитных и ионизирующих излучений.

Авиационному предприятию следует разработать «Руководство по Системе Экологического Менеджмента», которое утверждается как стандарт организации (СТП) и включает в себя такие показатели, как сокращение отходов и истощения ресурсов, уменьшение выбросов и сбросов загрязняющих веществ, проектирование, производство, эксплуатацию, утилизацию продукции с её минимальным воздействием на ОС, регулирование воздействия источников сырья и сведение к минимуму любого отрицательного воздействия новых разработок авиатехники на ОС.

В настоящие время, к сожалению, большинство высших руководителей авиапредприятий не ставит своей целью полномасштабное внедрение СЭМ, а рекомендует внедрить некоторые её элементы, из которых важны сбор, анализ и обработка экологических показателей, сокращение потерь ресурсов, сырья, материалов, снижение себестоимости продукции, определение экологических аспектов, повышение имиджа предприятия в глазах государственных органов и общественности.

СЭМ является основой для гармонизации социальных, экологических и экономических интересов, влияя в значительной мере на конкуренцию авиационной техники на мировом рынке.

Environmental aspects of the work of aircraft manufacturing enterprises

[1]Kabanov A.S., [1]Sorokin A.E., [1]Afonina O.A., [1]Galkina E.E., [2]Evstratov S.V.
[1]MAI, Moscow; [2]RSC “Energia”, Korolev

The impact of aircraft manufacturing enterprises on the environment leads to increasingly complex environmental problems that need to be addressed through the implementation of the Environmental Management System (EMS). Such system, according to the UN, is referred by the world community as "a key dominant of sustainable development and simultaneously to the highest priorities of industrial activity and entrepreneurship".

The environmental characteristics of the products of airlines should be improved in accordance with the requirements of the international standard ISO 14001: 2015 "Environmental management systems - requirements and guidance for use". Important environmental requirements in the production of aircraft include the management of energy resources, water resources, raw materials, resource saving, energy conservation, waste reduction, transportation choices, noise, vibration, electromagnetic and ionizing radiation.

The Aviation Enterprise should develop a "Guide to the Environmental Management System", which is approved as an organization standard (ES) and includes indicators such as reducing waste and depleting resources, reducing emissions and discharges of pollutants, designing, manufacturing, operating, disposing of products with its minimum impact on the environment, the regulation of the impact of sources of raw materials and minimizing any negative impact of new developments of aircraft engineering on the environment.

At the present time, unfortunately, most top managers of airlines do not aim at full-scale implementation of EMS, but recommend the introduction of some of its elements, of which the collection, analysis and processing of environmental indicators are important, reducing losses of resources, raw materials, reducing production costs, determining environmental aspects, enhancing the company's image in the eyes of government agencies and the public.

EMS is the basis for harmonizing social, environmental and economic interests, affecting to a large extent the competition of aviation equipment in the world market.

Достижение стратегических целей авиационного предприятия с помощью применения методики ключевых показателей эффективности

Каверина Л.В., Михайлов А.А., Кузьминский А.Е., Смирнова Т.С.
МАИ, г. Москва

Обеспечение безопасности и транспортная доступность для населения - являются главными задачами авиапромышленности страны.

В программе Правительства 2016 года: «Стратегия развития авиационной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года» изложены пути решения ключевых целей и задач. Важное место занимает вопрос обеспечения лидирующих позиций в области подготовки кадров.

В стратегии развития авиапромышленности РФ указаны основные проблемы, которые связанны с отсутствием и недостатком необходимых компетенций работников данной отрасли, такие как: дефицит компетенций в работе с рыночными заказчиками, в продажах и послепродажном обслуживании, в управлении цепочками поставок, обеспечении качества, управлении проектами.

Индустриальная модель российских машиностроительных корпораций и холдингов сложилась в советское время. За последние годы подходы в мировом авиастроении существенно изменились, что влияет на появление новых требований к кадровому обеспечению авиационных отраслей на основе развития новых профессиональных компетенций и качеств у выпускников инженерно-экономических направлений.

Отсюда следует вывод необходимости разработки модели компетенций, которая будет способствовать обеспечению эффективности и конкурентоспособности отечественных предприятий авиационной промышленности.

Модель компетенций является полным набором характеристик, позволяющим работнику успешно выполнять все необходимые для эффективного выполнения работы функции. Для авиационной промышленности она должна быть связана со спецификой профессиональной деятельности и акцентироваться на развитии таких компетенций, где кадровый состав отрасли испытывает недостаток.

Применительно к оценке персонала по ключевым показателям эффективности KPI (key performance indicators) или КПЭ (в русском варианте) данная методика обладает гибкостью в выборе необходимых показателей для оценки сотрудника и способов проведения процедуры оценки. Для выбора KPI в построении системы управления, показатели должны отражать ключевой аспект хозяйственной деятельности, быть «управляемыми» и коррелировать с другими показателями.

Система формирования переменной части денежного вознаграждения на базе КПЭ стимулирует сотрудника к достижению высоких результатов, за счёт надбавок.

Для создания системы компетенций, необходимо понимание специфики профессиональной деятельности в авиационном производстве. В первую очередь необходимо развивать компетенции, в которых кадровый состав отрасли испытывает недостаток.

Achieving the strategic objectives of an aviation enterprise by applying the methodology of key performance indicators

Kaverina L.V., Mikhaylov A.A., Kuzminsky A.Y., Smirnova T.S.
MAI, Moscow

Security and transport accessibility for the population are the main tasks of the country's aviation industry.

The program of the Government of 2016: "Strategy for the development of the aviation industry of the Russian Federation for the period until 2030" outlines ways to address key goals and objectives, where the important issue is the provision of leadership in the field of training.

The strategy for the development of the aviation industry of the Russian Federation indicates the main problems that are associated with the lack and deficiency of the necessary competencies

of workers in the industry, such as lack of competencies in working with market customers, in sales and service, supply chain management, quality assurance, project management.

The industrial model of Russian machine-building corporations and holdings emerged back in Soviet times. In recent years, approaches in the world aircraft industry have changed significantly, which influences the emergence of new requirements for the staffing of aviation industries on the basis of developing new professional competencies and qualities among graduates of engineering and economic areas of student education.

Hence the need to develop a competency model that will help ensure the efficiency and competitiveness of domestic aircraft industry enterprises.

The competency model is a complete set of characteristics that allows the employee to successfully perform all the functions necessary for effective work performance. For the aviation industry specifics of professional activity and focus on the development of such competencies, where the personnel of the industry lacks.

With respect to the assessment of personnel on key performance indicators of KPI (key performance indicators), this methodology has the flexibility to select the necessary indicators for evaluating the employee and the methods for conducting the evaluation procedure. To select KPI in building a management system, indicators should reflect the key aspect of economic activity, be "manageable" and correlate with other indicators.

The system of forming a variable part of the monetary remuneration based on KPI stimulates the employee to achieve high results, due to various extra charges.

To create a system of competencies, it is necessary to understand the specifics of professional activity in aviation production. First of all, it is necessary to develop competencies in which the personnel of the industry lacks.

Использование методов верификации лжи путем невербального общения при приеме на работу

Казанцева А.А., Федотова М.А.
МАИ, г. Москва

В современном мире в погоне за хорошими условиями труда люди часто прибегают к нечестным по отношению к работодателю приемам: лицемерию, дезинформации. Многие стремятся повысить свои шансы путем представления ложных сведений об ореоле своей деятельности. Задача специалиста по подбору персонала не только найти соискателя и подготовить всю сопровождающую документацию, но и определить истинные мотивы претендента.

На первичном собеседовании сотрудник отдела кадров должен обращать внимание на мимику, жесты и телодвижения кандидата. С ранних лет человек начинает пользоваться возможностями языка. Его знание позволяет нам общаться: понимать, что говорят окружающие и выражать собственные мысли и намерения. Но наше общение состоит не только из речевых оборотов. Его составляющей также является невербальное общение. Во время разговора собеседник вникает в речь оппонента, а также обращает внимание на интонацию, мимику, позу, телодвижения. Один из факторов принятия решения о сотрудничестве будет именно невербальный посыл человека. Сотруднику отдела кадров необходимо обладать способностью видеть, понимать и сравнивать вербальную и невербальную часть коммуникации .

Каждое движение тела – это перевод эмоциональной реакции, которая всегда должна иметь значение. Наблюдая за человеком можно определить его жестикуляционный рефрен, т. е некий жест, повторяющийся с одним и тем же смыслом.

Примером могут быть скрещенные руки. Большинство людей скрещивает руки одним и тем образом: левая рука поверх правой – защитная позиция, наоборот – обида.

Любая наша эмоция отражается в специфическом напряжении мышц лица. К примеру, разговаривая с вами, собеседник часто отводит взгляд, не закрывая глаза. Этот жест выдает слабовольный характер привычного к проигрышам человека. Если его взгляд направлен вверх – вправо это признак амбициозной личности, находящейся в поиске

власти. Собеседник пощипывает уголки губ большим и указательным пальцами – очищение грязных уголков губ является типичным жестом лжеца или афериста. Следует воздержаться от серьезных отношений с такими людьми. Существует множество подобных рефлексов. При определённой подготовке их анализ позволяет построить точный психоанатомический портрет человека.

Умение «читать» людей по жестам и мимике является необходимым навыком для специалиста по управлению персоналом. Такое умение позволит не только найти идеальную кандидатуру на вакантное место, но и создать благоприятный климат в коллективе, что позволит улучшить продуктивность компании.

The usage verification methods of lies through non-verbal communication applying for a job

Kazantseva A.A., Fedotova M.A.
MAI, Moscow

In modern world, in the pursuit of good working conditions, people often resort to unfair practices towards the employer: hypocrisy, misinformation. Many people seek to improve their chances by providing false information about the area of their activities. The task of the recruitment specialist is not only to find the applicant and prepare all the accompanying documentation, but also to determine the true motives of the applicant.

At the initial interview, the employee of the personnel department should pay attention to the facial expressions, gestures and body movements of the candidate. From an early age, a person begins to use the possibilities of language. His knowledge allows us to communicate: to understand what others say and to express our own thoughts and intentions. But our communication is not only about speech. Its component is also non-verbal communication. During the conversation, the interlocutor pays attention to the intonation, facial expressions, posture, body movements. One of the factors in the decision to cooperate will be the non-verbal message of a person. A human resources officer needs to be able to see, understand and compare the verbal and nonverbal parts of communication.

Every movement of the body is a translation of an emotional reaction that should always matter. Watching a person you can determine his gesticulation refrain, a gesture, repeated with the same meaning.

An example would be crossed arms. Most people cross their hands in one way: the left hand over the right-a defensive position, on the contrary-resentment.

Any our emotion is reflected in the specific tension of the facial muscles. Talking to you, the interlocutor often looks away without closing his eyes. This gesture gives a weak-willed character familiar to the losses of the person. If his gaze is directed up-to the right is a sign of an ambitious person in search of power. The interlocutor pinches the corners of the lips with his thumb and forefinger- is a typical gesture of a liar or a swindler. You should refrain from serious relationships with such people. There are many such reflexes. With some training analysis allows you to build accurate physio analytic portrait of a man.

The ability to "read" people by gestures and facial expressions is a necessary skill for a HR specialist. This skill will allow not only to find the ideal candidate for the vacant position, but also to create a favorable climate in the team, which will improve the productivity of the company.

Эффективность автоматизации бизнес-процессов

[1]Карасёва А.В., [2]Тымчук Д.О.
[1]МАИ, [2]МИИТ, г. Москва

Развитие электронно-вычислительных средств коренным образом изменили подход к производственным отношениям. С помощью современных компьютерных систем можно производить математические вычисления для научных целей, производить моделирование, нейронные сети решают задачи многокритериального анализа. Использование ИТ позволяет повышать экономические показатели предприятий.

Традиционные компании становятся неконкурентоспособными, и перед ними встаёт задача осуществить автоматизацию внутренних процессов, сделав их более эффективными с точки зрения экономических показателей компании.

Качество автоматизации пропорционально затратам на её осуществление, что ограничивает возможности бизнеса по внедрению ПО. Стоимость эксплуатации ИТ-инфраструктуры не должна превышать экономический эффект от её использования. При этом более дешевые решения меньше заточены под конкретные ситуации, возникающие в бизнесе, имеют низкую стабильность, снижая потенциальный эффект от автоматизации.

На этапе выбора системы автоматизации на предприятии целесообразно определить ее цели и масштабы. Для предприятий малого бизнеса наиболее подходящими являются финансово-управленческие системы, однако они также могут быть использованы на небольших производственных предприятиях, если процесс производства несложен.

Проблема оценки эффективности ERP-систем состоит в том, что точно оценить экономические выгоды от внедрения системы практически невозможно, так как позитивные перемены наступают не сразу и зависят от многих факторов.

Информационная система целиком, либо ее модули могут устанавливаться в инфраструктуре предприятия. В процессе внедрения модулей на рабочих местах производится привязка программ под решение конкретных задач.

Для определения степени эффективности использования программных средств может быть проведен внутренний аудит. Ряд исследований указал, что аудит проводит порядка 50% компаний, из лишь 7% ответчиков отметили участие штатного аудитора как важное для успеха внедрения.

Исследование М. Садика указывает на зависимость эффективности использования ИТ-систем в управлении предприятием от документированности и возможностей обучения ее использованию.

В данной статье была отмечена необходимость проведения автоматизации как в предприятиях малого бизнеса, так и в крупных международных корпорациях. Процесс внедрения информационных решений уникален для каждого предприятия и несет определенные риски, но есть способы их минимизировать.

Efficiency of business process automation

[1]Karaseva A.V., [2]Tymchuk D.O.
[1]MAI, [2]MIIT, Moscow

The development of electronic computers has radically changed the approach to production relations. With the help of modern computer systems, it is possible to perform mathematical calculations for scientific purposes, to produce simulations, neural networks solve multicriterial analysis problems. Using IT allows you to improve the economic performance of enterprises.

Traditional companies become uncompetitive, and they face the task of automating internal processes, making them more efficient in terms of the company's economic performance.

Automation quality depends on the costs of its implementation, which limits the business opportunities for deploying the software. Operating cost of an IT infrastructure should not exceed the economic effect of its use. At the same time, cheaper solutions are less focused on specific situations arising in business, have low stability, reducing the potential effect of automation.

It is expedient to determine its goals and scales at the stage of choosing an automation system at an enterprise. For small businesses, financial management systems are most appropriate, but they can also be used in small manufacturing enterprises if the production process is not complicated.

The problem of assessing the effectiveness of ERP-systems is that it is practically impossible to accurately estimate the economic benefits from the introduction of the system, since positive changes do not come at once and depend on many factors.

The whole information system or its modules can be installed in the enterprise infrastructure. In the process of implementing modules in the workplace, the programs are linked to specific tasks.

Internal audit can be conducted to determine the degree of effectiveness of software usage. A number of studies indicated that about 50% of companies conduct audit, of which only 7% of respondents noted the participation of a full-time auditor as important for the success of implementation.

The study by M. Sadiq indicates the dependence of the effectiveness of the use of IT systems in the management of the enterprise on the documentation and the possibilities of teaching its use.

In this article, it was noted the need for automation in both small businesses and large international corporations. The process of implementing information solutions is unique for each enterprise and carries certain risks, but there are ways to minimize them.

Устойчивое развитие

Карепин П.А., Мышелов Е.П.
МАИ, г. Москва

В соответствии с фундаментальным документом по устойчивому развитию мирового сообщества «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» утвержденным в 2015 году на Генассамблее ООН разработан эффективный механизм разъяснения, внедрения и применения положений и принципов данной концепции в виде стандартов. Реализуя данный подход Международная организация по стандартизации (ISO) утвердила 9 стандартов и документов. Европейский комитет по стандартизации организации (CEN) выпустил 5 европейских документов по стандартизации. Британский институт стандартов (BSI) как национальный орган Великобритании по стандартизации выпустил два оригинальных стандарта. В нашей стране также ведется активная работа по внедрению стандартов в области устойчивого развития, в основном на основе заимствования. В настоящее время в России выпущено и введены в действие девять стандартов и один предстандарт.

Анализ действующих национальных стандартов РФ показал, что все национальные стандарты являются аналогами идентичными международным, европейским и британским стандартам. Российские национальные стандарты охватывают различные уровни реализации устойчивого развития в обществе. Четыре стандарта относятся к устойчивому развитию городов и административно-территориальных образований (ГОСТ Р 56548-2015 будет заменен на ГОСТ Р ИСО 37101-2018), следующие два стандарта относятся к уровню организации, далее два стандарта отражают событийные аспекты устойчивого развития (ГОСТ Р 54598.2-2013 должен быть заменен на ГОСТ Р ИСО 20121-2011), один стандарт отражают устойчивое развитие социально-экономических, производственных и прочих систем, и, наконец, один стандарт раскрывает устойчивое развитие сетевых производственных структур, но ни в одном выпущенном отечественном стандарте не нашел отражения ни глобальный, ни производственно-технологический уровень устойчивого развития. Глобальный уровень представлен в основных международных правовых актах, а низшему уровню устойчивого развития пока уделяется недостаточно внимания.

Sustainable development

Karepin P.A., Myshelov Y.P.
MAI, Moscow

In accordance with the UN 2030 Agenda on sustainable development an effective mechanism of clarification, implementation and application of the provisons and principles of the Agenda in the form of standards was introduced. Implementing this approach ISO adopted 9 standards and other documents. The European Committee on Standartization of Organizations (CEN) issued 5 European documents on standartization. The British Standards Institution (BSI) as the British national agency on standartization issued two noteworthy standards. Russia is also actively engaged in implementing standards on sustainable development mostly on the basis of adoption. Currently Russia has issued and implemented 9 standards and one pre-standard.

The analysis of existing Russian national standards has shown that all the national standards are actually copies of the international, European and British standards. The Russian national standards embrace different levels of the implementation of the concept of sustainable development. Four standards are concerned with sustainable cities and communities (GOST R 56548-2015 to be replaced by GOST R ISO 37101-2018), with the two standards dealing with sustainable organizations and the other two with the event sustainability management systems (GOST R 54598.2-2013 to be replaced by GOST R ISO 20121-2011). One standard is devoted to industrial business clusters and one to sustainable manufacturing networks. However, no Russian standards reflect neither global nor engineering and production levels of sustainable development. The global level is represented in the main international legal documents, with the local level of sustainable development lacking attention.

Модели оценки эффективности деятельности педагога в высшем образовании

Картушина Н.В.
МАИ, г. Москва

Эффективность деятельности вуза складывается из многих компонентов, среди которых центральное место занимает суммарный эффект деятельности научно-педагогического коллектива вуза. Преподаватели испытывают затруднения в формулировании целей и задач, в выборе содержания и организации инновационной, коммерческой деятельности, в оценке собственных потенциальных возможностей, в умении обозначать свою деятельность.

Осуществляется постепенный переход к эффективным контрактам с педагогическими работниками, что, непременно, должно повлечь за собой определение конкретных критериев и показателей оценки эффективности деятельности преподавателей, разрабатываемых вузами самостоятельно.

Для решения проблемы повышения качества образования, отвечающего социальным потребностям, необходимо придерживаться следующих положений.

1. Преподаватели ВУЗов должны следовать новаторским концепциям и применять интерактивные педагогические методы, использовать возможности новых коммуникативных и информационных технологий в интересах образования учащихся, проходить преподготовку, которая позволит им применять эти технологии.

2. Предельная нагрузка в учебных заведениях негативно сказывается на качестве подготовки к занятиям, эффективности контроле знаний, умений и навыков.

Автор считает, что необходимо создать сетевую модель повышения квалификации и профессиональной переподготовки, которая представляет собой систему непрерывного профессионально-педагогического образования, в которой «взаимодействие учреждений, его осуществляющих, отличается особенностями движения в ней слушателей и ресурсов».

Evaluation models to educator’s performance effectiveness in higher education

Kartushina N.V.
MAI, Moscow

The effectiveness of university performance consists of many components, among which is the total effect of the academic staff. Teachers have difficulty in formulating objectives, in choosing the content and organization of innovative, commercial activities, in assessing their own potential, in the ability to designate their performance.

There is a gradual transition to effective contracts with pedagogical workers, which, without any doubt, should entail the identification of specific criteria and indicators for assessing the effectiveness of teachers’ performance developed by universities on their own.

If one is interested in solution of the problem of improving the quality of education that meets social needs, it is necessary to follow some points.

1. Professors should follow innovative concepts and implement interactive pedagogical methods, use the opportunities of new communication and information technologies in the interests of students' education, undergo training that will allow them to apply these technologies.

2. The maximum academic load in educational institutions adversely affects the quality of preparation for classes, the effectiveness of knowledge and skills control.

The author believes that it is necessary to create a network model of postgraduate studies and professional retraining, which is a system of continuous vocational and pedagogical education, in which “the interaction of the institutions that carry it out is characterized by the peculiarities of the movement of students and resources in it”.

Современные принципы планирования технологического развития авиастроения

Клочков В.В.
МАИ, г. Москва

Современное авиастроение, как гражданское, так и военное, находится в ситуации смены технологических укладов. Современные технологии исчерпали потенциал улучшения. Таким образом, в авиастроении назрела технологическая революция. Она требует значительных ресурсов, которые может предоставить только государство, должна быть спланирована и централизованным образом управляема. Возможно ли это?

Традиционные подходы к планированию и проектному управлению рассчитаны на детерминированные, в целом, процессы и проекты, которые, конечно, подвержены рискам, но они относительно слабы. В данном случае приходится, напротив, планировать процессы, характеризующиеся сильной неопределенностью. При смене технологических укладов сначала приходится вести поиск новых технологий и технических решений в нескольких альтернативных направлениях, поскольку неясно заранее, какое из них окажется более перспективным. Потому и требования к будущей авиационной технике сначала следует формировать не детально – например, «создать самолет с крейсерской скоростью…, потребной длиной ВПП…, блоковым расходом топлива…» и т.п., а на уровне целевой задачи – например, «доставка полезной нагрузки… на расстояние… за время не более… при стоимости, не превышающей…».

Весьма возможно, например, что выполнить такие требования в заданных условиях позволит не самолет, а вертикально взлетающий аппарат, а его силовая установка вообще не будет потреблять керосин. Поэтому детализировать требования к перспективным образцам авиационной техники можно лишь после того, как будут рассмотрены альтернативные технические концепции – совокупности взаимодополняющих технологий, на основе которых может быть создан авиационный комплекс. Только по итогам сравнения конкурирующих концепций можно принимать решение о выборе наилучших из них и о создании конкретных образцов авиационной техники. В этом и состоит принцип опережающего создания научно-технического задела: разрабатывать наилучшее, с точки зрения целевой эффективности, изделие, из возможных, с точки зрения готовности технологий. По мере того, как уточняются оценки технологической реализуемости и эффективности альтернативных концепций, уточняются и требования к будущим технологиям и образцам. Описанный подход учитывает высокорисковый характер процессов технологического развития и позволяет избежать потерь, вызванных непониманием этой особенности.

Modern principles of aircraft industry technological development planning

Klochkov V.V.
MAI, Moscow

Modern aircraft industry, both civil and military, is in a situation of changing technological orders. Modern technologies have exhausted the potential for improvement. Thus, in the aircraft industry there is a technological revolution. It requires significant resources that only the state can provide, must be planned and centrally managed. Is it possible?

Traditional approaches to planning and project management are designed for deterministic, in general, processes and projects, which, of course, are subject to risks, but they are relatively weak. In this case, on the contrary, it is necessary to plan processes characterized by strong uncertainty. When changing technological orders, it is first necessary to search for new

technologies and technical solutions in several alternative directions, since it is not clear in advance which of them will be more promising. Therefore, requirements for future aeronautical engineering you must first form not in details, for example, "to create an aircraft with cruising speed..., required runway length..., block fuel consumption..." etc., but at the level of the target task, for example, "the delivery of payload ... at a distance... within a time not exceeding ... at a cost not exceeding..."

It is very possible, for example, that to fulfill such requirements in the given conditions will not allow the aircraft, but some vertically taking off device, and its power plant will not consume kerosene at all. Therefore, it is possible to detail the requirements for future models of aircraft only after alternative technical concepts are considered – a sets of complementary technologies on the basis of which an aviation complex can be created. Only after comparing competing concepts can a decision be made to choose the best of them and to create specific models of aircraft.

This is the principle of priority creation of scientific and technological capacity: to develop the best, from the point of view of target efficiency, product, choosing from the possible, from the point of view of technology readiness. As assessments of the technological feasibility and effectiveness of alternative concepts are refined, so are the requirements for future technologies and designs. The described approach takes into account the high-risk nature of technological development processes and avoids losses caused by misunderstanding of this feature.

Применение интернета вещей и технологии блокчейн при аудите транспортных компаний

[1]Козлов Р.С., [2]Лащилин Н.Е., [2]Горин Д.В.
[1]МАИ, [2]МИИТ, г. Москва

Хозяйствующие субъекты обладают большими объемами различного рода активов и пассивов. Их неправильные учет и оценка приводят к искажению бухгалтерской отчетности.

При оценке и учете активов и пассивов существует проблема своевременного получения информации, что делает проведение аудиторских процедур более долгим и дорогим процессом. Проблема заключается в следующих аспектах:

• Процесс получения, обработки информации процесс, занимающий длительное время, что осложняет аудит: например, аудит кадрового учета;

• Нарушение правил складского учета и хранения МПЗ на складе, может привести к искажению финансовой отчетности. Особенно, если запасов много и они дорогостоящие;

Повысить корректность учета активов и пассивов, а также снизить стоимость аудита, ускорив его возможно, если внедрить систему, состоящую из интернета-вещей и блокчейн.

Интернет вещей – расширяет возможности сбора, анализа и распространения данных, которые можно превратить в информацию, знания. Источники информации складываются в знания о состоянии, местонахождении, длительности работы и т.д. различных объектов, например, материально-производственных запасов или основных средств. Если интернет-вещей помогает накапливать данные, то блокчейн позволяет передавать данные без искажения, что делает их релевантными.

Блокчейн — выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. Копии цепочек блоков хранятся и независимо друг от друга обрабатываются на множестве разных компьютеров. Блок транзакций — специальная структура для записи группы транзакций в системе. Транзакция считается завершённой и достоверной («подтверждённой»), когда проверены её формат и подписи, и когда сама транзакция объединена в группу с несколькими другими и записана в специальную структуру — блок. Содержимое блоков может быть проверено, так как каждый блок содержит информацию о предыдущем блоке. Все блоки выстроены в одну цепочку, которая содержит информацию обо всех совершённых когда-либо операциях в базе [2]. Главные преимущества использования блокчейна – это прозрачность проводимых

транзакций и множественное копирование всех этих транзакций таким образом, что у каждого участника процесса всегда есть информация о каждом шаге всех партнеров.

Объединение интернета вещей и блокчейн позволяет собирать информацию об активах и пассивах, передавать и обрабатывать её быстрее, что приведет к снижению затрат при аудите, а также к более корректному учету активов и пассивов организации.

The application of the Internet of things and technology of blockchain in the audit of transport companies

[1]Kozlov R.S., [2]Laschilin N.Y., [2]Gorin D.V.
[1]MAI, [2]MIIT, Moscow

Economic entities have large volumes of various types of assets and liabilities. Their incorrect accounting and evaluation lead to a distortion of the financial statements. When assessing and accounting for assets and liabilities, there is a problem of obtaining information in a timely manner, which makes conducting audit procedures a longer and more expensive process. The problem is the following:

• The process of obtaining, processing information is a process that takes a long time, which complicates the audit: for example, audit of personnel records;

• Infringement of rules of the warehouse account and storage of inventories in a warehouse, can lead to a distortion of the financial reporting. Especially if there are a lot of stocks and they are expensive;

Increase the correctness of accounting assets and liabilities, as well as reduce the cost of auditing, accelerating it is possible, if you implement a system consisting of Internet-things and blockchain. The Internet of Things - expands the possibilities of collecting, analyzing and disseminating data that can be turned into information, knowledge. If the Internet of things helps to accumulate data, the blocking system allows you to transfer data without distortion, which makes them relevant.

Blockchain - a sequenced chain of blocks containing information, built according to certain rules. Copies of block chains are stored and independently processed on a variety of different computers. A transaction block is a special structure for recording a group of transactions in the system. A transaction is considered complete and reliable ("confirmed") when its format and signatures are checked, and when the transaction itself is grouped together with several others and written into a special structure - a block. All the blocks are lined up in a single chain, which contains information about all the operations that have ever been performed in the database. The main advantages of using blocking software are the transparency of the transactions carried out and the multiple copying of all these transactions in such a way that each participant in the process always has information about each step of all partners.

Combining the Internet of things and blockchain allows you to collect information about assets and liabilities, transfer and process it faster, which will lead to lower costs for auditing, as well as more accurate accounting of assets and liabilities of the organization.

Использование социальных инструментов привлечения молодых специалистов на авиационном предприятии

Коломоец Е.Н.
МАИ, г. Москва

На одном из авиационных предприятий Москвы выявлена следующая проблема: потребность предприятия в квалифицированных молодых специалистах не обеспечивается вследствие несовершенства социальных инструментов их привлечения.

Для проведения исследования использовались методы анализа документов, анкетного опроса сотрудников и студентов ВУЗов, интервью со специалистом отдела по работе с учебными заведениями и со студентами МАИ, прошедшими практику на предприятии.

Предприятие использует специальные программы, ориентированные на молодых специалистов: мотивационные выплаты, материальная помощь, система наставничества, возможность оплаты обучения и др. Однако значительная часть сотрудников не

осведомлена о полагающихся им льготах и элементах социального пакета. Такая неосведомленность негативно влияет не только на работающих сотрудников, но и тех студентов, которые проходят практику на предприятии и рассматривает его как возможное место трудоустройства.

Для привлечения молодых специалистов используется в основном инструмент целевого набора. Предприятие участвует в ярмарках вакансий, проводит встречи со студентами, рекламные компании в СМИ и др. Не все из инструментов используются эффективно. Студенты, прошедшие производственную и(или) преддипломную практику считают, что не получают профессиональных знаний и навыков, работают на устаревшем оборудовании, руководители практики не заинтересованы в обучении будущих молодых инженеров.

Исследование показало, что предприятие не в полной мере использует возможности Интернет - коммуникаций в целях привлечения молодых сотрудников. Так, многие респонденты указали на неудобство и непривлекательный дизайн сайта, недостаточность информации, которая могла бы заинтересовать потенциальных сотрудников. SEO – анализ официального сайта показал, что у пользователей возникают проблемы с получением необходимой достоверной и своевременной информации.

Для устранения проблемной ситуации предприятию можно порекомендовать привлекать студентов, обучающихся по целевому направлению, к реальным инженерным разработкам; создать более гибкую систему стимулирования руководителей практики студентов; проводить совместные конференции молодых сотрудников и студентов, организовывать регулярные встречи, творческие конкурсы, стажировки и мастер-классы для студентов инженерно-технических вузов. Необходимо провести оптимизацию сайта и шире использовать возможности коммуникаций в социальных сетях.

Use of social instruments of involvement of young specialists at the air enterprise

Kolomoets E.N.
MAI, Moscow

One of the aviation enterprises in Moscow identified the following problem: the company's need for qualified young professionals is not provided due to the imperfection of social tools to attract them.

To conduct the research, we used the methods of document analysis, questionnaire survey of employees and students of Universities, interviews with a specialist of the Department for work with educational institutions and with MAI students who have passed practice at the enterprise.

The company uses a special program focused on young professionals: incentive payments, financial aid, mentoring, the possibility of tuition fee etc. However, a significant proportion of staff are not aware they are entitled to benefits and elements of benefits package. This lack of awareness has a negative impact not only on working employees, but also those students who have an internship at the company and considers it as a possible place of employment.

To attract young professionals, a targeted recruitment tool is mainly used. The company participates in job fairs, conducts meetings with students, advertising company in mass media, etc. Not all of the tools are used effectively. Students who have passed the production and (or) pre-diploma practice believe that they do not receive professional knowledge and skills, work on outdated equipment, practice managers are not interested in training future young engineers.

The study showed that the company does not fully use the opportunities of Internet communications in order to attract young employees. For example, many respondents pointed to the inconvenience and unattractive design of the site, the lack of information that could be of interest to potential employees. SEO-analysis of the official website showed that users have problems with obtaining the necessary reliable and timely information.

To eliminate the problem situation, the company can recommend to regularly involve students studying in the target direction, to real engineering developments; to create a more flexible system of stimulation of practice leaders of students; to hold joint conferences of young employees and students, to organize regular meetings, creative competitions, internships and

master classes for students of engineering universities. It is necessary to optimize the site and make greater use of the possibilities of communication in social networks.

Использование проектного подхода в реализации программ импортозамещения военной авиационной техники

Комова А.А., Тихонов Г.В.
МАИ, г. Москва

В условиях современной экономики импортозамещение играет ключевую роль в развитии российской авиационной промышленности, особенно в военном секторе, однако его реализация – процесс длительный, требующий больших затрат. В связи с этим в данной работе предлагается использовать проектный подход при реализации программ импортозамещения в авиационной отрасли, поскольку он направлен на достижение результата с минимальными затратами, в кратчайшие сроки и высокого качества.

Целью работы является применить проектный подход в импортозамещении бортового радиоэлектронного оборудования на военном истребителе Су-30СМ.

В ходе работы были изучены законодательные и практические аспекты импортозамещения военной авиационной техники в России, а также доказана целесообразность использования проектного менеджмента в реализации программ импортозамещения военной авиационной техники, основанная на опыте управления проектами в ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого».

Результатом работы является алгоритм реализации проекта по импортозамещению военной авиационной техники на примере ИКШ-1КИ, ставшего заменой HUD-3022. Алгоритм учитывает Заказчиков, которыми являются Министерство обороны РФ и ПАО «Корпорация «Иркут», исполнителей заказа – ПАО «РПКБ» и ПАО «Компания «Сухой «ОКБ Сухого», а также комплекс опытно-конструкторских работ как по разработке самого изделия-заменителя, так и его интеграции в самолет. При этом в алгоритм включены основные стадии проектного управления, а именно инициация, планирование, реализация, контроль и завершение, аккумулирующие состав задач для достижения главной цели проекта, а также схема финансирования проекта, ориентировочные цены и мероприятия по устранению проблем при реализации проекта.

В работе доказано, что при реализации программ импортозамещения государство играет ключевую роль, поскольку имеет широкие возможности для устранения зависимости от иностранных поставок. Данная работа потребует организационных усилий и финансовых затрат, однако применение проектного подхода совместно с развитием методов программно-целевого планирования и бюджетирования, совершенствованием организационной структуры проекта способствует вывести российскую авиационную промышленность на качественно новый уровень и обеспечить достижение результатов в области инноваций и технологий при экономии бюджетных средств.

Using the project approach in the implementation of import substitution programs for military aircraft

Komova A.A., Tikhonov G.V.
MAI, Moscow

In today's economy, import substitution plays a key role in the development of the Russian aviation industry, especially in the military sector, but its implementation is a long process that requires high costs. In this regard, this paper proposes to use the project approach in the implementation of import substitution programs in the aviation industry, as it is aimed at achieving results with minimal cost, in the shortest possible time and high quality.

The aim of the work is to apply the project approach in import substitution of avionics on the su-30CM military fighter.

In the course of the work, the legislative and practical aspects of import substitution of military aircraft in Russia were studied, as well as the expediency of using project management

in the implementation of import substitution programs for military aircraft, based on the experience of project management in Sukhoi design Bureau.

The result is an algorithm for the implementation of the project on import substitution of military aircraft on the example of IKSH-1KI, which became a replacement for HUD-3022. The algorithm takes into account Customers, which are the Ministry of defense of the Russian Federation and PJSC "Corporation "Irkut", executors of the order – "RPKB" and "Sukhoi", as well as a complex of development work on the development of the substitute product and its integration into the aircraft. At the same time, the algorithm includes the main stages of project management, namely initiation, planning, implementation, control and completion, as well as the project financing scheme, approximate prices and measures to eliminate problems in the implementation of the project.

The paper proves that the state plays a key role in the implementation of import substitution programs, as it has ample opportunities to eliminate dependence on foreign supplies. This work will require organizational efforts and financial costs, but the application of the project approach together with the development of methods of program-target planning and budgeting, improvement of the organizational structure of the project contributes to bring the Russian aviation industry to a qualitatively new level and ensure the achievement of results in the field of innovation and technology while saving budget funds.

Управление деловой карьерой как метод развития персонала организации в аэрокосмической отрасли

Королева Е.А., Семина А.П.
МАИ, г. Москва

Вопросы развития персонала организации стали волновать руководителей с момента становления промышленности и массового производства. Кадровый потенциал компании – важнейший стратегический фактор, определяющий ее успех.

Деловая карьера персонала – поступательное продвижение личности в какой-либо сфере деятельности, изменение навыков, способностей, квалификационных возможностей и размеров вознаграждения, связанных с деятельностью.

Управление деловой карьерой нацелено на эффективность организации, поскольку человеческий ресурс является одним из самых важных ресурсов для успешного существования каждой компании. Однако найти действительно профессиональных работников тяжело, но еще более сложным является поддержание знаний на должном уровне и обучение новым умениям. Процесс развития сотрудников для достижения более высоких ролей и обязанностей выполняет две цели: удержать сотрудников и развивать их будущее в компании. Деловая карьера рассматривается как осознанная позиция и поведение индивидуально для каждого человека, связанные с трудовым опытом и деятельностью на протяжении всей рабочей жизни человека.

Существует множество способов развития сотрудников, их вовлечения и увеличения вероятности того, что они останутся в компании. Тем не менее, не каждый из них подходит конкретно для предприятия аэрокосмической отрасли, так как она имеет свои особенности. Один из способов развития персонала в данной области - создание индивидуальных планов развития. План развития помогает поставить измеримые цели, выявить реалистичные сроки для их достижения и способствует мотивации сотрудника.

Эффективное управление деловой карьерой положительно влияет на результаты деятельности организации в целом: сотрудник доволен своим положением, стремиться развиваться сам и соответственно развивать компанию.

Литература:

1. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

2. Семина А.П. Методы обучения и развития персонала на авиационных предприятиях // Гагаринские Чтения-2018. - М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2018. - С. 150-151.

3. Семина А.П., Силантьева Е.А, Тихонов А.И. Проблемы и перспективы развития кадрового обеспечения аэрокосмической отрасли // XIII Королёвские чтения. - Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2015. - С. 234.

Management of a business career as a method of developing the organization's personnel in the aerospace industry

Koroleva E.A., Semina A.P.
MAI, Moscow

The development of the organization's personnel began to worry managers since the emergence of industry and mass production. Personnel potential of the company is the most important strategic factor that determines its success.

Business career of the personnel is the progressive advancement of the personality in any sphere of activity, changing the skills, abilities, qualifications and remuneration associated with the activity.

The management of a business career is aimed at the effectiveness of the organization, since the human resource is one of the most important resources for the successful existence of every company. However, it is difficult to find really professional workers, but even more difficult is to maintain knowledge at the proper level and train new skills. The process of developing employees to achieve higher roles and responsibilities fulfills two goals: to retain employees and develop their future in the company. A business career is seen as a conscious position and behavior individually for each person, related to work experience and activity throughout the entire working life of a person.

There are many ways to develop employees, involve them and increase the probability that they will remain in the company. Nevertheless, not all of them are suitable for the aerospace industry, since it has its own features. One way to develop personnel in this area is to create individual development plans. The development plan helps to deliver measurable goals, to identify realistic time frames for achieving them, and to motivate the employee.

Effective management of the business career positively affects the results of the organization as a whole: the employee is satisfied with his position, strive to develop himself and, accordingly, to develop the company.

References:

1. Semina A.P., Fedotova MA, Tikhonov A.I. Personnel Training in Modern Companies: Problems and New Directions // Moscow Economic Journal. 2016. № 3. P. 33.

2. Semina A.P. Methods of training and development of personnel at aviation enterprises // Gagarin Readings-2018. – M.: Moscow Aviation Institute (National Research University), 2018. - P. 150-151.

3. Semina A.P., Silanteva E.A., Tikhonov A.I. Problems and prospects of development of personnel support of the aerospace industry // XIII Korolev readings. - Samara: Samara National Research University named after Academician S.P. Koroleva, 2015. - P. 234.

Пути оптимизации содержания языкового образования в МАИ

Коротаева И.Э., Чуксина О.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время от авиационных специалистов ожидается активное владение иностранным языком, а именно готовность к межкультурной профессиональной коммуникации с зарубежными партнерами, публикация результатов своих научных исследований в иностранных журналах. Многообразие формируемых компетенций, интегрированных в решение конкретных профессионально-коммуникативных задач, требует обновления содержания языкового образования в МАИ.

Однако достижение данной образовательной цели усложняется тем, что вступительный экзамен по иностранному языку в неязыковых вузах не проводится, поэтому уровень языковой подготовки первокурсников варьируется значительно.

В этих условиях оптимизацию содержания языкового образования в МАИ мы видим в постоянном обновлении профессионально-направленных учебных пособий по английскому языку. Так, коллектив авторов нашей кафедры разработал учебные пособия для бакалавров, специалистов и магистров исходя из принципа преемственности профессиональной иноязычной подготовки:

• Учебные пособие для 1 и 2 семестра обучения бакалавров/специалистов «Learn about aviation and space flight in English / Авиация и космонавтика на уроках английского языка» и «Aviation English: Air transport and operation structure/Авиационный английский: Воздушный транспорт и инфраструктура».

• Учебное пособие для магистров «Aviation English: Modern technologies/ Авиационный английский: современные технологии».

В качестве грамматического справочника на любом этапе обучения в авиационном вузе мы рекомендуем разработанное на кафедре учебное пособие «English grammar in aviation context /Английская грамматика в авиационном контексте».

Профессионально-ориентированный курс иностранного языка в авиационном вузе знакомит студентов с терминологией и грамматическими структурами для обсуждения конструкций летательных аппаратов и их функционирования. Содержание и логика профессионально-ориентированного изучения учебного материала на кафедре «Иностранный язык для аэрокосмических специальностей» способствуют не только обучению иностранному языку, но и расширению профессионального тезауруса будущих авиационных специалистов.

Каждая специальность в МАИ имеет свой терминологический аппарат и специфику межкультурной коммуникации, поэтому создание профессионально-направленных учебных пособий для отдельных специальностей и уровней языковой подготовки является актуальной задачей.

Updating the content of language education in MAI

Korotaeva I.E., Chuksina O.V.
MAI, Moscow

Aviation specialists need a good command of a foreign language, so they should be ready for intercultural professional communication with foreign partners. For example, they should be able to publish the results of their scientific research in foreign journals. The variety of professional competences is integrated into specific professional and communicative tasks. It requires updating the content of language education in Moscow Aviation Institute.

However, it’s hard to achieve this educational goal because the level of language training of first-year students varies significantly as they don’t take entrance exam in foreign language in non-linguistic universities.

In these conditions, we see the optimization of language education in MAI by constant updating English text-books. So, our department has developed the text-books for bachelors, specialists and masters based on the principle of continuous foreign language training:

• The text-books for the 1st and 2nd semesters of bachelors / specialists "Learn about aviation and cosmonautics in English" and "Aviation English: Air transport and infrastructure ".

• The text-books for masters "Aviation English: Modern technologies”.

As a grammar guide at any stage of training in the aviation university, we recommend the textbook "English grammar in aviation context" developed by our department.

The foreign language course in the aviation university introduces students to terminology and grammatical structures for the discussion of aircraft structures and their functioning. The content and logic of the text-books at the Department "Foreign Languages for Aerospace Specialties" contribute to mastering a foreign language while developing the professional thesaurus of future aviation specialists.

Each specialty in MAI has its own terminology and peculiarities of intercultural communication; therefore the development of text-books for different specialties and levels of language training is an urgent and important task.

Невербальные средства семантизации в английских словарях для иноязычной профессионализации студентов аэрокосмической области

Коротун В.Л.
МАИ, г. Москва

Одной из целей профессионального образования сегодня является подготовка выпускника свободно владеющего своей профессией не только на родном языке, но и на иностранном. Владение иноязычной профессионально - ориентированной лексикой значительно повышает уровень квалификации инженера. В технических вузах профессионализация начинает формироваться средствами иностранного языка с первого курса, и знание терминологии играет важную роль. Отсутствие знаний узкоспециализированной лексики, применяемой только в определенной области, существенно затрудняет понимание профессиональных иноязычных текстов. Вопросам терминологии большое внимание уделяли П. А. Флоренский, Л.С. Бархударов, Д. С. Лотте, С. В. Гринев, Г. А. Краснощекова, Н. А Мартынова, А.К. Крупченко.

Основными чертами термина можно называть абстрактность, однозначность, отсутствие экспрессии и эмоциональной окраски. Владение терминологией означает использование узкоспециализированной лексики в профессиональном общении. А.К. Крупченко подчеркивает, что навык употребления терминов должен быть автоматизированным.

При изучении терминологии важную роль играют словари, которые наиболее точно описывают значение слова. Для выполнения этой задачи и для экономии пространства словаря некоторые словарные статьи содержат кроме вербального описания невербальные средства семантизации: рисунки, фотографии, схемы, графики, диаграммы. Цель данной работы – исследование невербальных иллюстраций как средства семантизации лексических единиц инженерной тематики, используемых в аэрокосмической отрасли, в толковом словаре Oxford Advanced Learner's Dictionary. Электронная версия словаря Oxford Advanced Learner's Dictionary содержит около 1000 иллюстраций. Каждая иллюстрация кликабельна. При клике на иллюстрацию открывается большее изображение, показывающее группу связанных с изображением предметов. Невербальные иллюстрации в исследуемом словаре облегчают понимание значения лексической единицы, способствуют расширению знаний в аэрокосмической сфере.

Non-verbal semantic means in English dictionaries for professional training of students in the aerospace industry

Korotun V.L.
MAI, Moscow

One of the goals of professional education today is to prepare graduates who are good at their profession not only in their native language but also in a foreign language. Knowledge of professional terms in foreign language significantly improves the qualification level of the engineer. In technical universities professionalization is formed through a foreign language from the first year. Knowledge of terminology plays an important role. Lack of knowledge of professional terms used only in a certain area, significantly complicates the understanding of professional foreign language texts. Much attention was paid to the issues of terminology by P. A. Florensky, L. S. Barkhudarov, A. K. Krupchenko. The main features of the term can be called abstract, definite, lack of expression and emotion. Knowledge of terminology helps in professional communication. A.K. Krupchenko emphasizes that the skill of using terms should be automated. Dictionaries which most accurately describe the meaning of the word play an important role. To perform this task and to save dictionary space some dictionary entries contain nonverbal semantic means in addition to verbal description: drawings, photographs, diagrams,

graphs, diagrams. The aim of this work is to study nonverbal illustrations as a semantic means of lexical units of engineering disciplines in the Oxford Advanced Learner's Dictionary. The electronic version of the dictionary Oxford Advanced Learner's Dictionary contains over 1,000 illustrations. Each illustration is clickable. Clicking on an illustration opens a zoomed-in image that shows a group of objects associated with the image. Non-verbal illustrations in the dictionary make it easier to understand the meaning of the lexical unit and contribute to the expansion of knowledge in the aerospace field.

Совершенствование подбора и отбора персонала в современных компаниях

Кузьмина Д.Д., Баулин Г.В., Семина А.П.
МАИ, г. Москва

В данной статье рассматривается одно из самых важных направлений работы отдела управления персоналом любого предприятия, а именно прием новых сотрудников на работу. Прием на работу подразделяется на 2 этапа: подбор и отбор персонала. Подбор персонала - первый этап в процессе приема кандидатов на вакантную должность, это целенаправленная деятельность компании или организации по привлечению в компанию или организацию кандидатов, обладающих соответствующими качествами и требованиями данной организации. Отбор персонала- второй этап в процессе приема кандидатов на работу. Это процесс изучения психологических и профессиональных качеств работника с целью определить, подходит ли он на вакантное рабочее место или же нет.

В данной статье рассматриваются различные методы подбора и отбора персонала. Различают следующие методы подбора персонала: рекрутинг, exclusive search (прямой поиск), head hunting, preliminaring (привлечение к работе после стажировки или по результатам прохождения производственной практики). В свою очередь, методы отбора персонала делятся на собеседование, телефонное интервью, сбор данных о претендентах в социальных сетях, групповое собеседование, ассесмент-центр и проч.

В заключение необходимо отметить, что не существует универсальных методик подбора и отбора персонала. Каждый метод следует применять в зависимости от целей и интересов компании.

Литература:

1. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

2. Шаталова М.Ю., Семина А.П., Силантьева Е.А. Новые направления в отборе и оценке персонала организаций авиакосмической отрасли // 15-я международная конференция "Авиация и космонавтика". - М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2016. - С. 714-715 .

3. Семина А.П., Коновалова В.Г. Организационная культура партнерских организаций // Реформы в России и проблемы управления. - М.: Государственный университет управления (Москва), 2018. - С. 213-215.

Improving the selection and selection of personnel in modern companies

Kuzmina D.D., Baulin G.V., Semina A.P.
MAI, Moscow

One of the most important areas of work of the personnel management department of any enterprise is the search for new employees. The search for qualified employees is the first thing that the head of the new organization has to tackle. Receiving (hiring) for work is a series of actions taken by the organization to attract candidates who possess the qualities necessary to achieve the goals set by the organization. Reception (hiring) for work can actually be divided into 2 stages: the selection and selection of personnel.

Personnel selection is the first stage in the process of accepting candidates for a vacant position, this is a purposeful activity of the company or organization to attract candidates to the

company or organization that have the relevant qualities and requirements of this organization. Selection of personnel is the second stage in the process of accepting candidates for work. This is a process of studying the psychological and professional qualities of an employee in order to determine whether he is suitable for a vacant workplace or not. The very process of personnel selection is the screening of the worst and choosing the best or the best of the remaining candidates.

Distinguish the following methods of recruiting: recruiting, exclusive search, head hunting, preliminaring (getting to work after an internship or as a result of passing an industrial practice). There are different methods of personnel selection: interview, telephone interview, data collection about applicants in social networks, group interview, assessment center and so on.

In conclusion, it should be noted that there are no universal methods for staff selection and selection. Each method should be applied depending on the goals and interests of the company.

References:

1. Semina A.P., Fedotova MA, Tikhonov A.I. Personnel Training in Modern Companies: Problems and New Directions // Moscow Economic Journal. 2016. № 3. P. 33.

2. Shatalova M.Yu., Semina A.P., Silantieva E.A. New directions in the selection and assessment of personnel of aerospace organizations // 15th International Conference "Aviation and Cosmonautics". - Moscow: Moscow Aviation Institute (National Research University), 2016. - P. 714-715.

3. Semin A.P., Konovalova V.G. Organizational Culture of Partner Organizations // Reforms in Russia and Management Problems. - Moscow: State University of Management (Moscow), 2018. - P. 213-215.

Проблемы бюджетного финансирования инвестиционных проектов на предприятиях ракетно-космической отрасли

Куркова А.А., Никулина Е.Н.
МАИ, г. Москва

Анализ состояния ракетно-космической отрасли (РКО) показывает, что основными проблемами ее развития являются медленное улучшение структуры промышленного производства и экспорта, достаточно высокий физический и моральный износ основных производственных фондов. Это обусловлено невысокой инвестиционной и инновационной активностью. Одним из решений данных проблем может быть проведение рациональной инвестиционной политики, осуществляемой в форме капитальных вложений, что позволит повысить эффективность производства.

Как известно, на предприятиях ракетно-космической отрасли многие крупные инвестиционные проекты (ИП) финансируются за счет бюджетных средств, что влечет за собой большую ответственность за их использование. Следовательно, требуется наиболее полная и достоверная оценка ИП, которая должна включать в себя тщательный маркетинг, стратегическое управление и прогнозирование возможностей отрасли в длительной перспективе в условиях неопределенности на принципах системного подхода и программно-целевого планирования. Это позволит предприятию избежать множества ошибок при реализации ИП, повысить эффективность их внедрения.

Действующий в настоящее время порядок подготовки ИП, финансируемых за счет бюджетных средств, имеет ряд недостатков. Одним из которых, является длительный срок подготовки (более 2-х лет с момента принятия решения о подготовке и реализации бюджетных инвестиций).

Другой проблемой подготовки проектной документации и реализации ИП в РКО является стоимость проекта, которая закладывается в проектную документацию в рублях, исходя из конкретных коммерческих предложений в самом начале согласования, и не подлежит изменению. То есть на этапе согласования не учитываются всевозможные риски, что ведёт к увеличению стоимости инвестиционного проекта к моменту реализации примерно на 20%, которые приходится финансировать за счет собственных средств предприятия. Всё это, безусловно, отражается на эффективности проекта, ведёт к

необходимости определения источников дополнительного финансирования и резервирования средств при формировании финансовых планов предприятия. Таким образом, актуальной становится задача совершенствования, как процедуры согласования проектных данных, так и доработка методических положений по оценке эффективности подобных инвестиционных проектов.

Problems of budget financing of investment projects at the enterprises of rocket and space industry

Kurkova A.A., Nikulina E.N.
MAI, Moscow

Analysis of the state of the rocket and space industry (RSI) shows that the main problems of its development are a slow improvement of the structure of industrial production and exports, a sufficiently high physical and moral deterioration of fixed assets. This is due to low investment and innovation activity. One of the solutions to these problems can be a rational investment policy implemented in the form of capital investments, which will improve production efficiency.

As is known, in the enterprises of the rocket and space industry, many large investment projects (IPs) are financed from budgetary funds, which entail a great responsibility for their use. Therefore, the most complete and reliable assessment of the IPs is required, which should include careful marketing, strategic management and forecasting of the industry's capabilities in the long term in conditions of uncertainty on the principles of a systematic approach and program-target planning. This will allow the company to avoid many errors in the implementation of IPs, improve the efficiency of their implementation.

The current procedure for the preparation of IPs financed from budgetary funds has a number of shortcomings. One of which is a long period of preparation (more than 2 years from the moment of making a decision on preparation and implementation of budget investments).

Another problem of the preparation of project documentation and the implementation of IPs in the RSI is the cost of the project, which is embedded in the project documentation in rubles, based on specific commercial proposals at the very beginning of the agreement, and is not subject to change. That is, at the stage of agreement all possible risks are not taken into account, which leads to an increase in the cost of the investment project by the time of implementation by about 20%, which have to be financed from the company’s own resources. All this, of course, affects the effectiveness of the project, leading to the need to identify sources of additional funding and reserve funds when forming the company's financial plans. Thus, the task of improving, both the procedure for reconciling project data and the modification of methodological provisions for evaluating the effectiveness of such investment projects becomes urgent.

Обоснование экономической эффективности проекта создания сервисного центра по ремонту и техническому обслуживанию российских воздушных судов

Кутурин Н.С.
МАИ, г. Москва

Авиационная отрасль и транспортная инфраструктура в целом имеют огромное влияние на экономическое положение государства. Развитие авиационной промышленности обеспечивает мультипликативный эффект для развития промышленности: при производстве воздушного судна используется продукция радиоэлектронной, легкой и химической промышленности, металлургической и других отраслей.

Актуальной практической задачей является сохранение конкурентных преимуществ российских производителей авиационной техники не только на этапах производства и реализации, но и на протяжении всего жизненного цикла продукции. Отсутствие эффективной системы послепродажного обслуживания отечественных воздушных судов является серьезной проблемой для авиакомпаний, эксплуатирующих российские самолеты, и ставит под вопрос надлежащий уровень конкурентоспособности российской продукции.

Доказано, что эффективная система послепродажного обслуживания дает возможность авиастроительной корпорации получать гарантированный доход от реализации технических и ремонтных работ самолета в объеме, превышающем доход от продажи самого авиалайнера. Крупнейшие мировые производители авиационной техники Airbus, Boeing, Embraer, Bombardier направляют от 30 до 50% оборотных средств на решение задач послепродажного обслуживания, осуществляемого их дочерними структурами.

В России реализуется проект по производству гражданских самолетов Сухой Суперджет 100. Активно осуществляются поставки данной техники за рубеж. Мексика является нашим главным заказчиком на данный момент, однако существует проблема организации послепродажного обслуживания. На территории Мексики нет центров, позволяющих оперативно обслуживать российскую авиационную технику.

Проектирование центра сервисного обслуживания на территории Мексики требует анализа экономических, политических и валютных рисков; обоснования первоначальных инвестиционных затрат во внеоборотные и оборотные активы; достоверного прогнозирования доходной части проекта.

На основании рассмотренного проекта по созданию сервисного центра обслуживания самолетов Сухой Суперджет 100 на территории страны эксплуатанта можно сделать вывод об эффективности данного направления вложения средств. При поддержке государства и при предоставлении субсидированной ставки по кредиту, проект эффективен. Создание обслуживающих центров является фактором, повышающем конкурентоспособность нашей продукции на мировом рынке и позволяет конкурировать с крупнейшими компаниями Boeing и Airbus.

The rationale of economic efficiency of the project on creation the service centre of repairing service of Russian aircraft

Kuturin N.S.
MAI, Moscow

The aviation industry and transport infrastructure in the whole have great influence on economic situation of the state. The development of aviation industry provide multiplication effect for industrial development: the products of radio-electronic, light and chemical industries, metallurgical and other industries are used in the production of aircrafts.

The actual practical task is to keep the competitive advantages of the competitive advantages of Russian aircraft manufacturers, not only during the period of production and realization, but during all life cycle of the products. The absence of effective system of after-sales service of Russian aircrafts is a serious problem for air companies using Russian aircrafts and call in question the proper level of competitiveness of Russian production.

It is proved that effective system of after-sale service gives avia corporation the opportunity to get a guaranteed income from realization of technical and repair works of an aircraft in volume exceeding the income from realization of an aircraft itself. The largest producers of aircrafts such as direct from go to 50% of their working capital to the solution of the after-sale problems realizing with their subsidiary structures/

In Russia the project of production of civilian aircraft Sykhoy Superget 100 is being realized. These aircrafts are actively delivered abroad. Mexica is our main customer nowadays, though the problem of after-sale progect exists. There are no centres on the territory of Mexica providing a promt service of Russian aircrafts. The designing of service centre on the territory of Mexica demands economic; political and currency risks; rationale of initial investment costs in non-current and current assets; reliable forecastion of the income past of the project.

Based on the considered project about the creation of the service centre of aircraft Sukhoi Superget 100 on the territory of the country-operation the conclusion about the efficiency of the direction of investment money can be made.

In case of the governmental support and subsidized credit rate, the project is effective. The creation of service centers is the factor which raises the competitiveness of our products in world market and allow to compete with the largest companies Boeing and Airbus.

Маркетинг инноваций на аэрокосмических предприятиях

Лавлинская А.Д.
МАИ, г. Москва

Маркетинг — это предвидение, управление и удовлетворение спроса на товары и услуги, организации и людей, территории и идеи посредством обмена.

Маркетинг инноваций - это процесс, включающий в себя планирование производства инноваций, исследование рынка, налаживание коммуникаций, установление цен и организацию продвижения инноваций.

Процессы продажи и маркетинга в аэрокосмической промышленности динамично развивалась последнее десятилетие.

Маркетинг инноваций на аэрокосмических предприятиях является комплексом маркетинговых технологий от начала введения продукта на рынок и заканчивая покиданием его, с целью получения долговременных преимуществ, то есть в течении всего жизненного цикла продукта.

Маркетинг инноваций на аэрокосмических предприятиях связан с применением новых подходов, методов исследования, стратегиями сегментирования рынка, переменами в ассортиментной и ценовой политике, концепциями создания инновационной перечня организации, новым позиционированием товаров и проектированием разного рода вариантов жизненного цикла продукта, т.е. с главными направлениями инновационной деятельности, обеспечивающие статус инновационности для получения долговременных конкурентных преимуществ. В данный момент клиенты активно участвуют в определении продукта, начиная с создания концепции. Такие факторы, как потребление энергии, вес, производительность и удобство использования продукта в определенных географических регионах, заранее обсуждаются производителями и потенциальными покупателями.

На Российском рынке аэрокосмической продукции цикл производства является замкнутым, в данный момент на многих предприятия этой сферы применятся системный подход в осуществлении стратегии, потому что этот подход позволяет обеспечить активное развитие российской промышленности на основе новой продуктовой политики, современных механизмов управления, совершенствования правовой базы и новых методов господдержки, в результате чего принципиально изменится стратегическая конкурентная позиция отечественной аэрокосмической промышленности на глобальном рынке. Факт наличия глобальной стратегии помогает реализации имеющего потенциала и к вхождению в глобальный рынок в качестве одного из мировых центров аэрокосмической промышленности, способствует повышению конкурентоспособности у продукции.

Marketing of innovations at aerospace enterprises

Lavlinskaya A.D.
MAI, Moscow

Marketing is the ability to foresee, manage and satisfy the goods and service demand of organizations and people, territories and ideas through exchange.

Innovative marketing is a process that involves planning of innovations production, market research, establishing communications, setting prices and organizing the promotion of innovations.

Sales and marketing processes in the aerospace industries have developed dynamically over the past decade.

Innovative marketing in aerospace is a complex of marketing technologies, beginning with product introduction to the market and finishing with product leaving it, in order to achieve long-term benefits, that is, throughout the life cycle of the product.

Innovative marketing in aerospace enterprises is associated with the use of new approaches, research methods, market segmentation strategies, changes in assortment and price policy, the concepts of creating an innovative list of organizations, new product positioning and design of different types of product life cycle options, i.e. the main directions of innovation activities that ensure the status of innovation to obtain long-term competitive advantages. Currently, customers are actively involved in the definition of the product, starting with the creation of the concept. Factors such as energy consumption, weight, productivity, and usability in certain geographic regions are discussed in advance between manufacturer and potential buyers.

In the Russian market of aerospace products, production is closed cycle, at the moment many enterprises in this sphere apply a systematic approach to the implementation of the strategy, because this approach allows for the active development of the Russian industry on the basis of a new product policy, modern management mechanisms, improvement of the legal framework and new methods of state support, as a result of which the strategic competitive position of the domestic aerospace industry in the global market will fundamentally change. The presence of a global strategy helps to realize the potential and to enter the global market as one of the world centers of the aerospace industry, contributes to the competitiveness of products.

Совершенствование системы управления персоналом на предприятиях

Ларская Л.А.
МАИ, г. Москва

В настоящее время персонал компании является стратегическим ресурсом, обладающий интеллектуальным потенциалом, без которого инновационное развитие компании не представляется возможным. Поэтому сегодня цель работы с персоналом – создание личности, обладающей высоким уровнем квалификации, готовой принимать ответственные решения и проявлять инициативу в коллективной работе.

Система управления персоналом – одна из самых важных сфер предприятия, обеспечивающая постоянное улучшение методов работы с персоналом, тем самым увеличивая эффективность всей организации посредством наиболее эффективного использования способностей и потенциала сотрудников.

Система управления персоналом состоит из совокупности различных элементов и процессов, в зависимости от эффективности которых предприятие может достичь поставленных целей.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в условиях постоянных изменений внутренней и внешней среды предприятиям необходимо непрерывно совершенствовать систему управления персоналом, потому что персонал является одним из важнейших активов предприятия. Без кадров с высокой квалификацией, желающих трудиться на постоянной основе и должным образом замотивированных, даже новейшее оборудование и технологии не будут давать отдачи.

В данной работе мы подходим к совершенствованию системы управления персонала с точки зрения мотивации как основного инструмента повышения эффективности деятельности всего предприятия. Нами было выявлено, что ситуация на большей части российских предприятий весьма неблагоприятна: затруднено создание и использование механизмов мотивации для сохранения имеющихся кадров и привлечения новых. Также мы пришли к выводу, что уровень заработной платы зачастую не соответствует квалификации и ожиданиям специалистов, что приводит к дефициту кадров.

Improvement of personnel management system at enterprises

Larskaya L.A.
MAI, Moscow

Currently, the company's staff is a strategic resource with intellectual potential, without which the innovative development of the company is not possible. Therefore, today the goal of working with the staff is to create a person with a high level of qualification, ready to make responsible decisions and take initiative in collective work.

Personnel management system – one of the most important areas of the enterprise, providing continuous improvement of methods of work with the staff, thereby increasing the efficiency of the entire organization through the most effective use of the abilities and potential of employees.

Personnel management system consists of a set of different elements and processes, depending on the effectiveness of which the company can achieve its goals.

The relevance of the research topic is due to the fact that in the conditions of constant changes in the internal and external environment, enterprises need to continuously improve the personnel management system, because the personnel is one of the most important assets of the enterprise. Without highly qualified personnel, willing to work on a permanent basis and properly motivated, even the latest equipment and technology will not give returns.

In this paper, we approach the improvement of the personnel management system in terms of motivation as the main tool to improve the efficiency of the entire enterprise. We have found that the situation in most Russian enterprises is very unfavorable: it is difficult to create and use motivation mechanisms to retain existing staff and attract new ones. We also came to the conclusion that the level of wages often does not meet the qualifications and expectations of specialists, which leads to a shortage of personnel.

Влияние социальной политики менеджмента авиапредприятия на стабилизацию состава трудового коллектива

Латышева В.В.
МАИ, г. Москва

Исследуемая проблема: повышение показателей сменяемости персонала (с 7% до 15%) в последние два года сопровождается снижением ряда экономических показателей деятельности. Высококвалифицированные специалисты отвлекаются на обучение новых сотрудников. Возникают сложности с мотивацией работников.

Цель исследования: выявление причин негативных явлений и формирование адекватной социальной политики, направленной на стабилизацию состава персонала.

Объектом исследования выступила социальная политика, осуществляемая руководством предприятия. В качестве предмета исследования рассмотрены меры, направленные на повышение стабилизации состава инженерно-технических работников.

В ходе исследования проверялись следующие гипотезы:

1) Погрешности в организации труда приводят к быстрой сменяемости некоторых должностных категорий.

Данная гипотеза была подтверждена методами анкетного опроса, фотографии рабочего дня, анализа документов и интервью с уволившимися сотрудниками. Более половины опрошенных указали в качестве причин увольнения высокую интенсивность труда, наличие сверхурочных работ и отсутствие компенсаций за их выполнение.

2) Среди причин высокой динамики увольнений персонала преобладает неудовлетворенность размером заработной платы.

Данная гипотеза проверялась методами анкетирования, анализа финансовых документов и интервью со специалистами. Выявлено, что 2/3 сотрудников не устраивает размер заработной платы, недостаточная индексация сверхурочных работ. Но при этом в качестве возможной причины увольнения заработок назвали только 32% опрошенных. Среди других причин называлось отсутствие перспектив должностного или карьерного роста, снижение интереса к содержанию выполняемых функций, неудовлетворенность политикой по стратегическому развитию предприятия.

3) Демотивация персонала вызвана несоответствием «социального пакета» ожиданиям работников. Проверка гипотезы показала, что предлагаемый «социальный пакет» ориентирован на работников среднего и пожилого возраста. Респонденты в возрасте 25-35 лет считают, что руководство организации не имеет выраженной программы действий в отношении молодого поколения работников, что вызывает их неудовлетворенность и заставляет искать на рынке труда более привлекательные условия труда.

The influence of aviation company's social policy management on the stabilization of the personnel

Latysheva V.V.
MAI, Moscow

The issue under study: increase of staff turnover from 7% to 15% during the last 2 years is followed by decrease of certain economic indicators. Highly-skilled professionals are distracted by the training of new staff. Therefore, difficulties related to motivation of the personnel arise.

The goal of research: detecting the causes of negative occurrences and development of an adequate social policy aimed at the stabilization of the personnel.

The target of research: social policy performed by the management of the company. The focus of this research is aimed at increasing the stabilization of engineering and technical workers.

Throughout the research the following hypothesis was verified:

1. Faulty labour organization leads to fast turnover of certain positions.

This hypothesis was confirmed by study methods such as: questionnaire-based survey, document analysis and interview with resigned employees. More than a half of those questioned pointed out work intensity, long hours and lack of remuneration as the main reasons of resignation.

2. Dissatisfaction with the salary is the leading reason for the increased turnover.

This hypothesis was verified by the analysis of financial documents, interview with personnel and questionnaire. It was discovered that two thirds of the employees are discontent with their salary and insufficient remuneration for long hours. Nevertheless, salary as the possible reason of resignation was stated only by 32% of the surveyed staff. Other reasons included the absence of career prospects, lack of interest in working duties, dissatisfaction with the strategic development policy of the company.

3. The demotivation of the personnel is caused by incompatible fringe benefits and employees' expectations. The verification of the hypothesis has shown that the offered fringe benefits are aimed at middle-aged and elderly staff. The respondents at the age of 25-35 years old are positive that the management of the company has no definite agenda concerning the younger generation of the workers which leads to their dissatisfaction and encourages them to search for more remunerative job offers.

Совершенствование методов фундаментального анализа акций российских авиакомпаний

Левкутина А.Ю.
МАИ, г. Москва

В настоящее время отечественный рынок авиаперевозок является примером быстрорастущего сегмента. Инвесторы, имеющие свободные денежные средства и желающие эффективно разместить их, задумываются о вложении в разные сектора экономики, и такой динамичный сегмент не может остаться без их внимания.

Учитывая экономическую ситуацию в стране в 2014-2017 г.г., изучение конъюнктуры российского рынка авиаперевозок для инвесторов приобретает особую актуальность. Ввиду этого практическую значимость представляет анализ состояния рынка авиаперевозок, а также определение справедливой стоимости акций крупнейших российских авиакомпаний.

Цель исследования состоит в совершенствовании инструментов и методов фундаментального анализа для оценки рыночной стоимости российских авиаперевозчиков. Главная задача исследования - построение регрессионной модели для анализа степени влияния макроэкономических показателей и показателей фондовых рынков на стоимость акций, и определение факторов, влияющих на рыночную стоимость акций компаний.

В работе представлены эконометрические модели, позволяющие определить факторы, влияющие на стоимость акций российских авиакомпаний, а именно акций ПАО

«Аэрофлот». Предприняты попытки построить качественную модель с использованием следующих показателей: индекс ММВБ в рублях; индекс ММВБ в долларах; индекс DJ Transport; значения цены нефти, бензина и мазута в долларах; стоимость бивалютной корзины, доллара; ВВП; внешнеторговый оборот; индексы потребительских цен и цен производителей; значения реальной заработанной платы и реальных располагаемых доходов; уровень безработицы; уровень инфляции.

Необходимо отметить, что значения таких показателей, как: внешнеторговый оборот; индексы потребительских цен и цен производителей; значения реальной заработанной платы и реальных располагаемых доходов; уровень безработицы не оказывают должного влияния на стоимость акций компании. Были построены две модели для определения цены акции авиакомпании, которые прошли проверку на адекватность, что означает способность используемых в модели факторов объяснять зависимую переменную, а именно стоимость акций ПАО «Аэрофлот». Среди них такие показатели, как инфляция, ВВП, стоимость нефти, процентные ставки, индексы ММВБ и DJ Transport.

Регрессионный анализ показал влияние определенных факторов на стоимость акций ПАО «Аэрофлот», что может быть применено инвесторами и аналитиками для прогнозирования стоимости акций при добавлении дополнительных значимых факторов в эконометрическую модель.

Improving the methods is fundamental market analysis of Russian air companies stocks

Levkutina A.Y.
MAI, Moscow

Nowadays Russian market of transportation air is the example of fast-growing segment. The investors, who have free cash and who would like to invest it, are thinking of investitions in different economic sectors and such dynamic segment can not be left without their attention. Considering the economic situation in the country in 2014-2017, the study of the conjuncture of Russian air transportation acquires special relevance. Because of that reason the analysis of Russian aircraft market state is gaining special relevance and also the determining the fair value of the stocks of the largest Russian air companies

The purpose of the investigation is in the improvement of the instruments and methods of fundamental analysis for market cost of Russian air transportators. The main task of the investigation is building of regression model for the analysis of the influence of macroeconomical index and indicators of the stock markets on the stock costs and definitions of factors influencing the market cost of companies stocks.

In the work economic models allowing to define the factors in fluently on the market cost of Russian avia companies namely the stocks “Aeroflot” are presented. The attempts to build a quality model with using the following index have been made: index MMVB in rubles; index MMVB in dollears, index DJ, the meaning of fuel oil cost in dollars.

The cost of dual currency basket, dollar, gross domestic product, foreign trade turnover, index of consumer prices and producer’s prices; the meaning of real salary and real incomes; the level of unemployment, the level of inflation. It is necessary to mention that the meaning of such indexes as foreign turnover, index of customer prices and producer’s prices and the meaning of real salaries and real incomes. The level of unemployment do not influence greatly on the prices of company’s stock.

Two models were built for the definition of the price of avia company’s stock’s which were checked for adequacy which means the ability of used in the model factors to explain the dependent variable, namely the stocks cost of “Aeroflot” . Among them there are such indexes as inflation, gross domestic product the cost of oil, interest rates, indexes of MMVB.

The regression analysis have shown the influence of defined factors on the cost of “Aer” Stocks which can be used by investors and analysts for forecasting. The costs of stocks in process of adding additional important factors into econometrics model.

Роль человеческого фактора при оценке кредитного риска предприятий аэрокосмического комплекса

[1]Левочкина А.И., [2]Панкратьева Е.В.
[1]МАИ, [2]Финансовый Университет, г. Москва

Предприятиям аэрокосмической отрасли выделяется государственное финансирование, однако нередко приходится использовать и дополнительные источники финансирования. Одним из наиболее популярных средств привлечения является банковский кредит для проектов коммерческого характера. Привлеченные средства часто эффективнее в использовании, чем собственные. Любая компания в первую очередь ставит перед собой задачу получения кредита на наиболее выгодных условиях: низкая процентная ставка; высокий лимит кредитных средств; приемлемое залоговое обеспечение; наиболее комфортный срок предоставления кредита, с учетом скорости оборачиваемости капитала.

Встречаются случаи, когда руководство компании идет на мошеннические действия, например, на необоснованное и существенное улучшение собственных показателей финансовой отчетности (выручки, совокупных активов и чистой прибыли) для получения кредита на наиболее выгодных условиях: искажение бухгалтерской отчетности, как следствие – искажение финансовых показателей и индикаторов; предоставление сведений банку о несуществующем залоговом обеспечении; сокрытие факта аффилированности с компаниями с высоким уровнем риска.

Сотрудники предприятия при согласовании с топ менеджментом могут использовать следующие механизмы фальсификации предоставляемых в банк документов:

• Искажение выручки, совокупных активов и чистой прибыли в отчете о финансовых результатах, балансе

• Отсутствие раскрытия в примечаниях к отчетности

• На границе отчетных периодов нарушается принцип признания доходов и расходов в одном отчетном периоде, следовательно, выручка может быть завышена

В связи с этим повышается роль человеческого фактора как на стороне копании-заемщика в части фальсификации предоставляемой информации о положении компании, так и на стороне финансово-кредитной организации при оценке.

Предпосылки к возникновению кредитного риска могут возникнуть при оценке и анализе компании – сотрудник может некачественно сформировать аналитическую записку, и как следствие из-за первоначальной ошибки сотрудника и последующей невнимательности комитета может быть выдан заведомо невозвратный кредит, что повлечет за собой: выполнение требования МСФО 9 «к 100% резервированию»; финансовые убытки, в том числе недополученную прибыль.

Внутренний контроль и др. службы банка и компаний должны проводить работу с сотрудниками в целях соблюдения ПОД/ФТ, оценки мошенничества путем ВНД, тренингов, развития корпоративной культуры, горячих линий.

The role of the human factor in assessing credit risk of enterprises in the aerospace complex

[1]Levochkina A.I., [2]Pankratyeva E.V.
[1]MAI, [2]Financial University, Moscow

The aerospace industry is allocated state funding, but often it is necessary to use additional sources of financing. One of the most popular means of attraction is a bank loan for projects of a commercial nature. The attracted funds are often more efficient to use than their own. Any company first of all sets itself the task of obtaining a loan on the most favorable terms: low interest rate; high credit limit; acceptable collateral; the most comfortable period for granting a loan, taking into account the speed of capital turnover.

There are cases when the management of the company is engaged in fraudulent activities, for example, to unreasonably and significantly improve its own indicators of financial reporting (revenues, total assets and net profit) for obtaining a loan on the most favorable terms: distortion

of financial statements, as a result - distortion of financial indicators and indicators; providing information to the bank on non-existent collateral; concealment of the fact of affiliation with companies with a high level of risk.

Employees of the enterprise, in consultation with top management, can use the following mechanisms of falsification of documents submitted to the bank:

• Distortion of revenues, total assets and net profit in the statement of financial results, balance sheet

• No disclosure in the notes to the financial statements

• At the border of reporting periods, the principle of recognition of income and expenses in one reporting period is violated, therefore, revenue may be overstated.

In this regard, the role of the human factor is increasing both on the side of the borrower-borrower in terms of falsification of the information provided about the company's position and on the side of the financial and credit organization when assessing.

Prerequisites for credit risk can arise in the evaluation and analysis of the company - the employee may form an inaccurate analytical note, and as a consequence, due to the initial error of the employee and subsequent inattention of the committee, a loan that is knowingly unrecognizable can be issued, which will: comply with the requirements of IFRS 9 " to 100% reservation "; financial losses, including lost profit.

Internal control and other services of the bank and companies should work with employees to comply with AML / CFT, assess fraud through GNI, trainings, develop a corporate culture, hotlines.

Экономическая целесообразность использования многоразовых транспортных космических систем (МТКС) по сравнению с одноразовыми

Левченко Н.А.
МАИ, г. Москва

С каждым годом Россия совершает всё меньше коммерческих космических запусков и это связано прежде всего с нарастающей конкуренцией на рынке запусков, в которой активное участие стали принимать не только страны, но и компании. Целью моей работы является формирование и разработка методики оценки экономической эффективности и последующей эксплуатации МТКС по сравнению с одноразовыми космическими системами. Проведя анализ запусков и долю рынка, которую занимает РФ и американская коммерческая компания SpaceX использующая на постоянной основе МТСК, мы получаем: 2014 год(РФ-39%; SpaceX-17%), 2015 год(РФ-30%; SpaceX-23%), 2016 год(РФ-20%; SpaceX-22%), 2017 год(РФ-20%; SpaceX-28%). По полученным данным можно описать следующую сложившуюся ситуацию - потребители пусковых услуг значительно увеличивают свои риски, но при этом предпочитаю молодую, мало известную компанию, имеющую минимальную цену услуги. В данный момент первые ступени ракет-носителей после завершения работы (происходит на высоте 100-120км.) просто падают на Землю. Производство новой ракеты, даже уже с налаженным производством, всё равно во много раз превышает стоимость используемого топлива для запуска и проведения сервисного обслуживания перед повторным использованием. Сохраняя часть ракеты или её целиком позволяет сэкономить приличную сумму - от 30% стоимости запуска. Например, если пуск одноразовой модификации Falcon 9 обходится в $60 млн., то с возвращаемой ступенью обойдется $40 млн. В РФ несколько КБ, такие как РКК "Энергия", РКЦ "Прогресс" уже ведут активную работу по проектированию МТКС среднего класса, которая должна будет составить конкуренцию ракете Falcon 9. В планах, что ракеты будет унифицирована с одноразовой ракетой "Союз-5", эскиз ракеты был завершен в середине 2017 г. Данная унификация позволит существенно удешевить последующую эксплуатацию ракеты т.к. унификация позволит запускать многоразовую ракету с Восточного, Байконура, а также с плавучего космодрома "Морской старт". Участие в разработке проекта МТКС принимает и РЦ им. а. В.П. Макеева, проект носит название "Корона" - отличительная особенность, она не имеет отделяемых ступеней и фактически является космическим кораблем мягкого

взлета и посадки, что открывает дорогу к пилотируемым полетам на другие планеты. Все эти проекты иллюстрируют, что Россия имеет в своем арсенале не один ответ, а несколько, которые помогут отвоевать нишу и занять своё заслуженное лидирующее место.

Economic feasibility of using reusable transport space systems (MTCS) in comparison with disposable ones

Levchenko N.A.
MAI, Moscow

Every year, Russia makes fewer commercial space launches and this is primarily due to the growing competition in the launch market, in which not only countries but also companies began to take an active part. The purpose of my work is the formation and development of methods for assessing the economic efficiency and subsequent operation of the ISS in comparison with disposable space systems. After analyzing the launches and the market share, which is occupied by the Russian Federation and the American commercial company SpaceX using on a regular basis MTSK, we get: 2014 (Russia-39%; SpaceX-17%), 2015(Russia-30%; SpaceX-23%), 2016(Russia-20%; SpaceX-22%), 2017(Russia-20%; SpaceX-28%). According to the data obtained, the following situation can be described - consumers of launch services significantly increase their risks, but I prefer a young, little-known company that has a minimum price for the service. At the moment, the first stages of the launch vehicles after the completion of work (occurs at an altitude of 100-120km.) just falling to the Ground. The production of a new rocket, even with established production, is still many times higher than the cost of the fuel used for the launch and maintenance before reuse. Saving part of the rocket or its whole allows you to save a decent amount - from 30% of the launch cost. For example, if the launch of a single modification of Falcon 9 costs $60 million, then the return stage will cost $40 million. In Russia, several design bureaus, such as RSC Energia and RCC Progress, are already actively working on the design of mid-range mtcs, which will have to compete with the Falcon 9 rocket. The plans that the missiles will be unified with the disposable rocket "Soyuz-5", the sketch of the rocket was completed in mid-2017, This harmonization will significantly reduce the cost of subsequent operation of the rocket because harmonization would launch a reusable rocket with East, Baikonur, and also with floating cosmodrome "Sea launch". Participation in the drafting of reusable accepts and design bureau Makeeva, the project is called the "Crown" - a distinctive feature of the rocket production SpaceX, it has no detachable stages and is actually a spacecraft soft takeoff and landing, which opens the way to manned flights to other planets. All these projects illustrate that Russia has in its Arsenal not one answer, but several that will help to win a niche and take its deserved leading place.

Использование беспроводных сенсорных сетей при управлении умным предприятием

Лесик Е.С., Гинзбург И.Б., Падалко С.Н., Терентьев М.Н.
МАИ, г. Москва

Эффективное управление аэрокосмическими предприятиями требует оперативного получения и обработки чрезвычайно больших объемов информации о выполнении текущих работ. В настоящее время регистрация такого рода информации ведется, как правило, вручную. Это существенно ограничивает наблюдаемость предприятия как объекта управления и возможности оперативного обмена информацией между работами, взаимосвязанными маршрутами изготовления продукции. В таких условиях невозможно применять современные алгоритмы управления на основе сетевой самоорганизации, характерные для систем, которые называются в настоящее время «умными».

Названные ограничения могут быть сняты при установке как на средства, так и предметы производства устройств, совмещающих функции датчиков, приемников и передатчиков информации с автономными источниками энергии. Для аэрокосмического предприятия, имеющего, как правило, большие масштабы, потребуется установка десятков тысяч датчиков, что может вылиться в огромные материальные затраты. К тому

же, проводные датчики могут быть поставлены не везде и даже там, где это возможно, планирование их размещения может занимать значительное время.

В этой ситуации в качестве доступного решения предлагается использование многошлюзовых беспроводных сенсорных сетей (БСС), что позволяет быстро и за приемлемую стоимость разместить датчики на производственных линиях, отдельных станках, оборудовании, складах и т. д. Использование БСС позволяет динамически конфигурировать получившуюся сенсорно-управляющую сеть: при необходимости быстро добавлять новые датчики и убирать лишние, а также повторно использовать ранее снятые.

Использование унифицированной облачной информационной системы (ОИС) для сбора хранения и обработки данных, полученных от сенсорно-управляющей сети, позволит во многих случаях избавить специалистов по планированию от рутинной работы и даст им инструмент для быстрого выявления проблемных участков производственных и хозяйственных процессов на исследуемом предприятии.

Использование предлагаемой системы мониторинга процессов на предприятии на основе БСС позволит предприятиям сделать значительный шаг в автоматизации управления процессами предприятия и может стать основой для внедрения новых методов управления, основанных на сетевой самоорганизации и обработке больших данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Usage of wireless sensor networks for smart enterprise management

Lesik E.S., Ginzburg I.B., Padalko S.N., Terentiev M.N.
MAI, Moscow

Usage of wireless sensor networks for smart enterprise management

Effective management of aerospace enterprises requires the rapid receipt and processing of extremely large amounts of information on the implementation of current works. At present, this type of information is usually recorded manually. This significantly limits the observability of the enterprise as a control object and the possibility of rapid exchange of information between works, interrelated routes of production. In such conditions it is impossible to apply modern algorithms of management on the basis of network self-organization, typical for systems, which are called "smart".

These restrictions can be removed when installed on both means and objects of production of devices that combine the functions of sensors, receivers and transmitters of information with Autonomous energy sources. The aerospace industry, which is usually large in scale, will require the installation of tens of thousands of sensors, which can result in huge material costs. In addition, wired sensors may not be available everywhere, and even where possible, planning for their placement may take considerable time.

In this situation, as an affordable solution, it is proposed to use multi-wireless sensor networks (MWS), which allows you to quickly and at an affordable cost to place sensors on production lines, individual machines, equipment, warehouses, etc. The use of BSS allows you to dynamically configure the resulting sensor control network: if necessary, quickly add new sensors and remove unnecessary ones, as well as re-use previously removed ones.

The use of a unified cloud information system (UCI) for the collection of storage and processing of data obtained from the touch-control network, will in many cases save planning specialists from routine work and give them a tool for quickly identifying problem areas of production and economic processes in the enterprise under study.

The use of the proposed process monitoring system at the enterprise on the basis of MWS will allow enterprises to take a significant step in the automation of enterprise process management and can become the basis for the introduction of new management methods based on network self-organization and processing of large data.

The study was performed with financial support from RFFI, research project No. 17-08-01641 A.

Оценка эффективности модернизация регионального самолета в рамках программы развития цифровой экономики

Лифанов И.П., Чайка Н.К.
МАИ, г. Москва

На одном из последних совещаний правительства по вопросам авиастроения обсуждался вопрос восстановления выпуска региональных самолётов. Рассматривались возможности производства таких самолетов как Ил-114, Ту-324, а также другие варианты. В ходе совещания говорилось о том, что самолет должен быть конкурентоспособным на мировом рынке.

На сегодняшний день некоторые конструктивные решения этих воздушных судов потеряли актуальность, и будет необходимо выполнить их модернизацию, в том числе и с целью удовлетворения современным требованиям сертификационных стандартов.

Современные воздушные суда реализованы на технических решениях на базе комплексных знаний аэромеханики, конструирования, материаловедения, компоновочных решений и др. Внимание современных производителей направленно на вопросы разработки экономически эффективной системы послепродажных этапов жизненного цикла воздушных судов для условий конкретного эксплуатанта.

Значительную роль в планировании и оказании сервисных услуг, как и конкурентоспособности всех бизнес-процессов на послепродажных этапах, является оценка программы технического обслуживания воздушных судов. Ключевым характеристикам системы технического обслуживания являются: номенклатура ПКИ, состав и структура ЗИП, требования по реализации планового технического обслуживания и т.п.

Программа технического обслуживания самолета должна быть проанализирована на соответствие первичным требованиям с позиции коэффициента эксплуатационной готовности к затратам для его достижения, начиная с ранних этапов проектирования воздушного судна. Этот вид инженерной деятельности в мировой практике, носит называние – анализ логистической поддержки.

В экономике нового уклада ведущей движущей силой становятся информационные технологии, позволяющие, по сравнению с классической моделью управления, кардинально продвинуть показатели качества и эффективности выпускаемой продукции. В современных реалиях конкурентными привилегиями отличается самолет, жизненный цикл которого основывается на наиболее продвинутых электронных технологиях и услугах, включая «интернет вещей», прогностические технологии, анализ «больших данных», облачные решения и другие.

Таким образом, комплексное внедрение указанных технологии, позволит реализовать концепцию «безбумажного самолета», что является условием снижения стоимости и сохранения конкурентоспособности изделий отечественной авиастроительной отрасли на фоне глобализации и реализации программ цифрового развития участниками мирового рынка.

Evaluation of the efficiency of regional aircraft modernization within the framework of the digital economy development program

Lifanov I.P., Chaika N.K.
MAI, Moscow

At a recent meeting on aircraft construction, the issue of restoring the production of regional aircraft was discussed. Possibilities of production of such aircraft as Il-114, Tu-324, as well as other options were considered. During the meeting it was said that the aircraft should be competitive in the world market.

To date, some constructive solutions of these aircraft have lost relevance, and it will be necessary to upgrade them, including with the purpose of meeting modern requirements of certification standards.

Modern aircrafts are implemented on technical solutions based on integrated knowledge of aeromechanics, design, materials science, layout solutions, etc. Attention of modern manufacturers is directed to the issues of developing an economically effective system of after-sales stages of the life cycle of aircraft for the conditions of a particular operator

A significant role in the planning and provision of services, as well as the competitiveness of all business processes at the post-sale stages, is the evaluation of the maintenance program for aircraft. Key characteristics of the maintenance system are: the range of components, the composition and structure of spare parts, the requirements for the implementation of scheduled maintenance, etc.

The aircraft maintenance program should be analyzed for compliance with the primary requirements from the standpoint of the operational readiness factor to the costs to achieve it, beginning with the early stages of aircraft design. This kind of engineering activities in the world practice, is naming - analysis of logistics support.

In the economy of the new way, the leading driving force is information technology, which, in comparison with the classical management model, dramatically improves the quality and efficiency of products. In modern realities, a competitive aircraft is the competitive privilege, the life cycle of which is based on the most advanced electronic technologies and services, including "Internet of things", forecasting technologies, analysis of "large data", cloud solutions and others.

Thus, the integrated implementation of this technology will make it possible to realize the concept of a paperless aircraft, which is a prerequisite for reducing the cost and preserving the competitiveness of domestic aircraft construction products against the backdrop of globalization and the implementation of digital development programs by participants in the world market.

Практическое применение моделей оценки финансовой устойчивости

Лошакова А.А., Грачева Е.И.
МАИ, г. Москва

Необходимым этапом при решении вопросов о степени обеспечения запасов и затрат собственными и заемными источниками их формирования, соотношением собственного и заемного капитала является оценка финансовой устойчивости. Собственно с проблемой оптимизации структуры капитала связаны ее финансовые риски.

В настоящее время существует не так много моделей оценки финансовой устойчивости предприятия, и в то же время остается не до конца изученным вопрос об их возможности охватить особенности предприятий аэрокосмической отрасли. Это и определило актуальность выбранной темы.

Первым этапом исследования являлось представление подходов отечественных авторов к определению понятия «финансовая устойчивость предприятия». По результатам приведенных в работе интерпретаций было выявлено, что сущность данного понятия определяется неоднозначно и недостаточно уделяется внимания специфике данного определения для предприятий аэрокосмической отрасли.

Вторым этапом работы являлось практическое применение для анализа ликвидности предприятий аэрокосмической отрасли, следующих моделей оценки финансовой устойчивости:

• Трехкомпонентная модель финансовой устойчивости;

• Балльная модель оценки финансовой устойчивости.

Детализированный анализ по представленным моделям оценки финансовой устойчивости позволил сформировать аналитические заключения и разработать меры по повышению финансовой устойчивости исследуемых предприятий. А также способствовал выявлению преимуществ и недостатков данных моделей оценки финансовой устойчивости. Слабое место моделей состоит в том, что не принимаются в расчет такие важные факторы как: положение предприятия в отрасли, его репутация, влияние нестабильных экономических условий и др.

По результатам исследования было выявлено, что классический алгоритм оценки финансовой устойчивости нуждается в совершенствовании и адаптации применительно в

отношении предприятий аэрокосмической отрасли. Оценка финансовой устойчивости должна не только систематически проводиться на предприятиях, но и должно осуществляться управление уровнем ликвидности.

Practical application of models of financial viability evaluation

Loshakova A.A., Gracheva E.I.
MAI, Moscow

Financial stability evaluation is a must stage when dealing with a subject of extent of providing stocks and expenses with own and loan sources of their formation, a ratio of own and loan. Actually it financial risks are connected with a problem of optimization of structure of the capital.

Nowadays there are not so many models of enterprise financial stability evaluation, and at the same time question of their opportunity to capture features of the space-air sector enterprises remains inconclusive. This all defined the relevance of the chosen subject.

The first investigation step was representation of approaches of domestic authors to definition of the concept "enterprise financial stability". Based on results of the interpretations presented in the work given, it has been revealed that the body of this concept is defined ambiguously as well as quite few attention to specifics of space-air sector enterprises definition is given.

The second stage of work process was practical application of the analysis of liquidity of space-air sector enterprises and the following models of financial stability evaluation:

• Three-component model of financial stability;

• Score model of financial stability evaluation.

The detailed analysis of the models presented has allowed to make the analytical conclusions and to develop measures for increase of financial stability of the enterprises studied. And also this promoted detection of advantages and shortcomings of these financial stability evaluation models. The miss points of the models are that such important factors as the status of particular enterprise in industry, his reputation, influence of unstable economic conditions, etc., aren't taken into consideration.

By results of a research it has been revealed that the classical algorithm of financial stability evaluation needs improvement and adaptation if speak about space-air sector enterprises. Not only financial stability evaluation has to be carried out systematically at the enterprises, but also control of liquidity level has to be exercised.

Инженерно-гуманитарная интеграция в аэрокосмическом вузе

Лысаков Н.Д., Сычев А.В., Лысакова Е.Н.
МАИ, г. Москва

Интенсификация развития аэрокосмической техники приводит к более высоким требованиям к личности профессионалов, которые проектируют и эксплуатируют летательные аппараты. Основополагающим личностным конструктом, определяющим успешность личности в профессиональной сфере, выступает правильно сформированный мотив к деятельности. В авиации, для тех, кто решил посвятить жизнь созданию авиационной техники, такой мотив целесообразно формировать поэтапно от желания спроектировать и самому собрать аппарат, подняться на нем в воздух и ощутить всю прелесть полета, до проектирования современных аэрокосмических комплексов. В соответствии с этим, по нашему мнению, целесообразно выделить следующие этапы формирования личности создателя авиационной техники: планер – легкомоторный самолет – современный аэрокосмический комплекс.

Такая этапность подготовки специалиста позволит:

1. прочно освоить основы теоретической и практической аэродинамики, динамику полета, летно-технические характеристики самолета;

2. понять психологию эксплуатанта (летчика);

3. включать в систему управления современного лайнера (органы управления, приборное оборудование) необходимые для понимания сущности физических процессов при пилотировании и боевом применении приборы, индикаторы, органы управления, разрабатывать удобные и психологически комфортные для летчика системы предупреждения об опасных режимах и сближениях.

Как видно, все начинается с элементарного планера и соответственно тренажера к нему. Тренажер позволит более эффективно решать задачи:

• Развития авиационно-профессиональной мотивации студентов;

• Поэтапного формирования профессионализма разработчиков авиационной техники;

• Повышения квалификации по авиационной психологии и педагогике персонала учебных заведений, центров и предприятий (от кадетских корпусов до аэрокосмических вузов).

Итак, расширяются следующие возможности:

• Привлечения студентов всех факультетов к конструированию и работе по сборке легких летательных аппаратов (планеры, самолеты);

• Теоретической подготовки обучающихся к выполнению полетов на планере и самолете;

• Проведения занятий в области дополнительного образования со специалистами аэрокосмической отрасли по авиационной психологии и педагогике;

• Разработки и внедрения инновационных образовательных методик в аэрокосмических вузах;

• Соискания грантов в области аэрокосмического образования и науки.

Как видно, инженерно-гуманитарная интеграция в аэрокосмическом вузе способствует решению важных учебных и научных задач.

Engineering and Humanitarian Integration in Aerospace University

Lyssakov N.D., Sychev A.V., Lyssakova E.N.
MAI, Moscow

Intensification of aerospace engineering’s development leads to higher requirements for the personality of designers and operators of aircraft. Thus, the basic personal construct is the correctly formed motive determining the success in the professional sphere. For future creators of aviation technology and equipment, it is advisable to formulate this motif step by step from the desire to design and assemble the device itself, to climb it in the air and feel the whole charm of the flight, to the design of modern aerospace complexes. In accordance with our opinion the following stages of student personality’s formation are: glider - light aircraft - modern aerospace complex.

Such logic of the preparation in specialists will allow:

1. to study the basics of theoretical and practical aerodynamics, flight dynamics, aircraft performance characteristics for a full due;

2. to understand the psychology of an operator (pilot);

3. to include devices, indicators, controls determined the essence of physical processes during piloting and combat use in the handling system of a modern liner, to develop ergonomic and psychologically comfortable for the pilot warning systems about dangerous regimes and convergences.

Apparently, everything starts with a glider and a simulator to it.

It is possible to solve successfully the following tasks using the simulator. They are:

development of aviation-professional motivation in students; consistent formation of vocational skills in graduates; advanced training of aviation psychology and pedagogy in the personnel of educational institutions, centers and enterprises (from cadet corps to aerospace universities).

So, the opportunities for this approach are:

• Involving students from all faculties in the design and assembly of light aircraft (gliders, airplanes);

• Theoretical preparation of trainees for flights on a glider and an airplane;

• Additional education of the aerospace industry specialists in the range of aviation psychology and pedagogy;

• Development and implementation of innovative educational methods in aerospace universities;

• Grants in the field of aerospace education and science.

As a conclusion, engineering and humanitarian integration contributes to the solution of important educational and scientific tasks in aerospace university.

Проектные решения в области бюджетирования

Любимская Е.Р., Москвичева Н.В.
МАИ, г. Москва

Бюджетирование является инструментом финансового планирования, призванным решить проблему составления и соблюдения финансовых планов. Технология бюджетирования состоит в увязке стратегических целей организации с имеющимися ресурсами с помощью представления будущего финансового состояния организации в виде формальных документов. Эти документы дают менеджменту компании возможность оценивать достижение целей хозяйствующего субъекта в одной системе координат – степени выполнения бюджета.

Проектное решение представляет собой внедрение системы бюджетов предприятия, которым раньше уделялось недостаточное внимание. Внедрение системы бюджетов на предприятии способствует росту эффективности использования свободных денежных средств, высвобождению времени сотрудников и успешно может быть тиражировано на предприятиях отрасли.

В современных условиях с растущим спросом на аэрокосмическую продукцию, высокой конкуренцией, нестабильностью внешней среды и возрастанием требований к улучшению качества выпускаемой продукции все более становится актуальным вопрос эффективного управления текущими затратами, решить который можно в рамках системы бюджетирования.

На основании рассмотренных специфических аспектов бюджетирования для АО «Конструкторское бюро промышленной автоматики» можно сформулировать основные направления влияния бюджетирования на модель финансового планирования в хозяйственной деятельности организации аэрокосмической отрасли.

Основными направлениями совершенствования системы финансового планирования можно считать: усовершенствование системы связи планирования и бюджетирования и системы стратегического управления; процесс улучшения состава и содержания бюджетов; автоматизации бюджетирования.

Решение по автоматизации системы бюджетирования должно соответствовать следующим функциональным возможностям предприятия: создание и корректировка форм бюджетов вручную; создание нескольких вариантов каждого бюджета и автоматический расчет итоговых показателей для каждого варианта; автоматическое обновление бюджетов при проведении транзакции; интеграция с «1С: Бухгалтерия».

Эффективность внедрения системы бюджетного управления предлагается оценить с помощью количественных показателей (коэффициентов), характеризующих степень отклонения фактического исполнения бюджетов от плана и экспертных оценок адекватности (удобства) системы.

Design decisions in the field of budgeting

Lyubimskaya E.R., Moskvicheva N.V.
MAI, Moscow

Budgeting is a financial planning tool designed to solve the problem of compiling and maintaining financial plans. The technology of budgeting consists in linking the organization's strategic goals with the available resources through the presentation of the organization's future

financial state in the form of formal documents. These documents give the company's management the opportunity to assess the achievement of the objectives of the business entity in one coordinate system - the degree of budget execution.

The project solution is the introduction of the system of budgets of the enterprise, which previously received insufficient attention. The introduction of the system of budgets at the enterprise promotes an increase in the efficiency of using free cash, the release of staff time and can be successfully replicated at the enterprises of the industry.

In modern conditions, with the growing demand for aerospace products, high competition, instability of the external environment and increasing requirements for improving the quality of products, the issue of efficient management of current costs, which can be solved within the framework of the budgeting system, is becoming increasingly important.

Based on the specific aspects of budgeting considered for the JSC "Design Bureau of Industrial Automation", it is possible to formulate the main directions of the impact of budgeting on the model of financial planning in the economic activities of the aerospace industry organization.

The main directions of improving the financial planning system can be considered: improvement of the planning and budgeting communication system and the strategic management system; process of improving the composition and content of budgets; automation of budgeting.

The decision on automation of the budgeting system should correspond to the following functional capabilities of the enterprise: creation and correction of forms of budgets manually; creating several options for each budget and automatically calculating the totals for each option; automatic updating of budgets during the transaction; integration with "1C: Accounting".

The effectiveness of the introduction of the budget management system is proposed to be estimated with the help of quantitative indicators (coefficients) characterizing the degree of deviation of the actual performance of budgets from the plan and expert estimates of the adequacy (convenience) of the system.

Значение наставничества на предприятии

Любимцева А.С., Оганезова Я.А., Смирнова Т.С.
МАИ, г. Москва

Адаптация персонала - процесс приспособления человека к новому рабочему месту, включая изучение данной профессии, а также приобщение сотрудника к социальным нормам поведения, существующим в коллективе.

Процедура адаптации важна и для работника, и для руководителя. Для того, чтобы работа была продуктивной, новичок должен не только блестяще исполнять свои рабочие обязанности, но и иметь дружеские связи с коллегами. Руководителю необходимо сделать все возможное, чтобы сотрудник влился в коллектив.

Для этого можно применить одну из эффективных методик – наставничество. Необходимо иметь специально обученного сотрудника, который станет на первые несколько месяцев помощником для нового специалиста. Этот работник будет относится к коллегам, как к своим товарищам и вложит в них свои знания и умения. Также сотрудник должен быть душой компании, чтобы вливание новичка в коллектив происходило легко.

Наставник, в свою очередь, участвует в формировании опытной команды, разрабатывает управленческие способности и повышает свой статус в компании. Новичку оказывается помощь на стадии сближения на предприятии и поддержка в профессиональном развитии. В том числе, организация поможет упрочнить коллектив, снизить текучесть персонала и сформировать квалифицированный персонал.

Тренер, в первую очередь, необходим для сотрудников, которые пришли в организацию недавно, для сотрудников со значительным потенциалом карьерного роста, для сотрудников с низкой производительностью труда.

Права и обязанности наставника заключаются в том, чтобы передать свои знания и опыт, содействовать его профессиональному росту, приобретению необходимых профессиональных компетенций.

Каждому руководителю требуется, чтобы адаптация протекала довольно быстро, ведь чем скорее сотрудник усвоит необходимые ему компетенции, тем эффективнее будет его работа.

Importance of mentoring in the enterprise

Lyubimtseva A.S., Oganezova Y.A., Smirnova T.S.
MAI, Moscow

Adaptation of personnel is the process of adapting a person to a new workplace, including studying this profession, as well as involving the employee in the social norms of behavior that exist in the team.

The adaptation procedure is important for both the employee and the manager. In order for the work to be productive, the beginner should not only perform his duties brilliantly, but also have friendly ties with colleagues. The leader needs to do everything possible for the employee to join the team.

To do this, you can apply one of the effective techniques - mentoring. It is necessary to have a specially trained employee who will become an assistant for the new specialist for the first few months. This employee will treat his colleagues as his comrades and put his knowledge and skills into them. Also, the employee must be the soul of the company, so that the infusion of the newcomer into the team would be easy.

Mentor, in turn, participates in the formation of an experienced team, develops managerial abilities and improves his status in the company. The newcomer is assisted at the stage of rapprochement in the enterprise and support in professional development. Including, the organization will help to strengthen the collective, reduce staff turnover and create qualified personnel.

The trainer, first of all, is necessary for employees who came to the organization recently, for employees with significant career potential, for employees with low labor productivity.

The rights and duties of the mentor are to transfer his knowledge and experience, to promote his professional growth, to acquire the necessary professional competencies.

Each manager needs to adapt quickly enough, because the sooner an employee learns the necessary competencies, the more effective his work will be.

Время как текстовая категория в научно-технической литературе в области менеджмента, авиации и космонавтики

Макарова В.А.
МАИ, г. Москва

Время является обязательной текстообразующей категорией художественного текста, созданного автором согласно идее, закодированной на уровне авторского ракурса и раскрывающийся на уровне сюжетной перспективы. Текст научно-технической литературы, в отличие от художественного произведения, не предполагает наличие сюжета, созданного автором и раскрывающегося по мере развертывания повествования. В научно-техническом тексте присутствует обязательная логика повествования, необходимая для адекватного и понятного восприятия реципиентом мысли автора, что, с одной стороны, можно сравнить с сюжетом в его общепринятом понимании, а с другой стороны, не может быть определено как сюжет, поскольку повествование в техническом тексте подчинено не идее автора, а определённой внутренней логике, исходящей из данных, полученных в результате экспериментов или произведенных расчетов, результаты которых ни в коем случае не зависят от автора. Поэтому автор не может изменить научно-технический текст, исходя из своего желания или творческого потенциала. Творческая составляющая автора в данном случае раскрывается только в выборе определенных речевых моделей для стилистического оформления текста на уровне лексики, морфологии,

синтаксиса, но никак не в создании сюжета. Тем не менее, категория времени обязательно присутствует в научно-технических текстах, но не в качестве текстообразующей составляющей, а для понимания, к какой именно временной точке или временному промежутку на темпоральной прямой (если в научно-техническом тексте время рассматривается как линейное) можно отнести то, что описывается в тексте. Кроме того, процессы, описываемые в научно-технической литературе, часто обусловлены именно временной ситуацией, и получение ожидаемого результата возможно лишь при соблюдении заданных темпоральных границ.

Time as a text category in the scientific and technical texts in the field of management, aviation and astronautics

Makarova V.A.
MAI, Moscow

Time as a text category in the scientific and technical texts in the field of management, aviation and astronautics.

Time is an obligatory text-forming category of the literary text created by the author according to the idea coded at the level of the author's perspective and decoded at the level of the subject perspective. In contrast to the literary work, the text of scientific and technical literature does not imply the existence of a plot created by the author. An obligatory narration logic in the scientific and technical text is necessary for an unambiguous perception of the author's thoughts by the recipient. On the one hand, it can be compared with the generally accepted understanding of "plot" and on the other hand, can not be defined as a plot since the narrative in technical text follows an internal logic and not an author's idea. The internal logic comes from the information obtained as results of experiments or calculations that can't be influenced by the author. Therefore, the author can not change the scientific and technical text based on his desire or creativity. In this case, the author's creativity is seen in the choice of certain speech models of the text at the level of vocabulary, morphology, syntax, but not in the creation of the plot. Although the category of time can not be considered as a text-forming component of scientific and technical text it is necessary for indication which time point or time interval on the timeline are described in the scientific and technical text (if time is regarded as linear). In addition, the processes described in the scientific and technical literature are often due to the time situation and the expected result could only be obtained within the defined temporal boundaries.

Особенности работы с молодыми сотрудниками

Мартынишин И.Е.
МАИ, г. Москва

Молодые сотрудники – это особая категория работников, для которых характерны некоторые особенности. Прежде всего это люди, ещё не имеющие опыта работы в организации. Они имеют как положительные, так и отрицательные стороны.

Молодые сотрудники имеют и свои преимущества перед старшими работниками. По сравнению с более опытными коллегами молодые специалисты проявляют огромную активность, стараются соответствовать всем правилам и порядкам в организации. Они внимательны к деталям, для них нет лишней информации и, чтобы не ударить в грязь лицом молодые сотрудники пытаются всё запомнить и проявить себя с лучшей стороны. Начиная свою карьеру, они готовы работать больше и усерднее, проявляют больше энтузиазма по сравнению с опытными коллегами, что немаловажно, если кампании требуются свежие идеи для развития. Безусловно, к плюсам можно отнести и то, что молодые сотрудники, как правило, не имеют проблем со здоровьем.

Однако молодые работники во многом уступают опытным коллегам. Одним из недостатков молодёжи является то, что они не всегда знают, чего хотят. Они присоединяются к рабочему коллективу, а спустя некоторое время покидают его в поисках новых возможностей, что очень вредит организации. В силу отсутствия опыта работы молодые сотрудники не знают всех тонкостей работы, ещё не знакомы с порядками и

правилами кампании, могут ошибиться, и работодатель не сможет поручать им ответственные участки работы, что в какой-то степени неудобно и даже контрпродуктивно. Молодые руководители сталкиваются с дополнительными трудностями, если им приходится управлять представителями старших поколений. Управлять опытными людьми не так-то просто. Необходимо уделять особое внимание к возрасту подчинённого, на его личные качества, особым образом ставить задачи. Поэтому работодатели предпочитают не нанимать сотрудников без стажа работы.

Features of work with young employees

Martynishin I.E.
MAI, Moscow

Young employees – a special category of workers, which are characterized by some features. First of all, these are people who do not yet have experience in the organization. They have both positive and negative sides.

Young employees also have their advantages over senior employees. In comparison with more experienced colleagues, young professionals are very active, try to comply with all the rules and procedures in the organization. They are attentive to details, for them there is no excess information and not to lose face young employees try to remember everything and to prove themselves from the best side. Starting their career, they are willing to work harder and more enthusiastic than their experienced colleagues, which is important if the campaign requires fresh ideas for development. Of course, the advantages include the fact that young employees, as a rule, do not have health problems.

However, young workers are in many ways inferior to experienced colleagues. One of the disadvantages of young people is that they do not always know what they want. They join the working team, and after a while leave it in search of new opportunities, which is very harmful to the organization. Due to the lack of experience, young employees do not know all the subtleties of work, are not yet familiar with the procedures and rules of the campaign, can make mistakes, and the employer will not be able to entrust them with the responsible areas of work, which is to some extent inconvenient and even counterproductive. Young leaders face additional challenges when they have to manage older generations. Managing experienced people is not so easy. It is necessary to pay special attention to the age of the subordinate, to his personal qualities, to set tasks in a special way. Therefore, employers prefer not to hire employees without work experience.

Научная конференция как один из путей повышения эффективности обучения иностранным языкам в высших учебных заведениях

Масютина Н.М., Рогожина Л.А., Яновская Г.С.
МАИ, г. Москва

В современных условиях обучение профессиональному английскому языку является актуальной задачей в сфере подготовки студентов технических факультетов. С развитием научно-технического прогресса, увеличивается объем информации, что требует новых методов и подходов, с помощью которых студенты смогут самостоятельно находить и усваивать нужную информацию, а также приобрести навыки практического владения иностранным языком в ситуациях иноязычного профессионального и научного общения. Научная конференция как раз и предоставляет будущим специалистам возможность приобрести и реализовать вышеупомянутые навыки и умения, в частности делать сообщения и доклады на иностранном языке, обсуждать темы, связанные с научной работой и представлять её результаты. В подготовке к конференции можно выделить два основных этапа.

Первый предполагает анализ научной литературы по выбранной теме доклада, ознакомление с содержанием работ в профессиональной области и выбор темы исследования, а также написание доклада. При подготовке материала студент знакомится с разнообразными лексическими средствами и грамматическими структурами,

характерными для научного текста. На данном этапе подготовки научной конференции необходимо привлечь основное внимание студентов к анализу используемой в научно-технической литературе терминологической лексики. В смысловой и структурной организации научно-технического текста важную роль играют, прежде всего, слова, принадлежащие к общенаучному слою лексики, осуществляющие связь и организацию лексического состава научно-технических текстов. Они регулярно встречаются во всех научных подъязыках, причём часто в характерных только для научно-технических текстов значениях. Одной из целей в процессе проводимого студентами исследования является рассмотрение специфических особенностей общенаучных лексических единиц с точки зрения семантических и стилистических изменений, происходящих с ними в текстах научно-технической литературы, а также учёт этих особенностей при переводе.

Вторым этапом является представления аудитории результатов своей научной работы в виде непосредственно выступления на научно-практической конференции. При подготовке ко второму этапу научной конференции важно обратить внимание на способы описания субъективной позиции автора, а также изложения материала.

Scientific and practical conferences as a way of increasing of the effectiveness of foreign language teaching in higher schools

Masyutina N.M., Rogozhina L.A., Yanovskaya G.S.
MAI, Moscow

In the article the procedure of conducting of theoretical and practical conferences at technical University is considered. The article substantiates the necessity to introduce active teaching methods in a higher educational establishment. Results from this study demonstrate that when the theoretical notions bridge the research- practice divide and are adopted into daily classroom teaching and learning activities, there is a qualitative and quantitative improvement in student literacy learning. The article deals with academic style features of speech at an example of the English language as one of the basic means of the international academic dialogue. The academic style extends to all sublanguages of science and technology, which are combined in a formal and logical way to present scientific and technical ideas. In the article the procedure of conducting of theoretical and practical conferences at technical University is considered. The article substantiates the necessity to introduce active teaching methods in a higher educational establishment. Results from this study demonstrate that when the theoretical notions bridge the research- practice divide and are adopted into daily classroom teaching and learning activities, there is a qualitative and quantitative improvement in student literacy learning. The article deals with academic style features of speech at an example of the English language as one of the basic means of the international academic dialogue. The academic style extends to all sublanguages of science and technology, which are combined in a formal and logical way to present scientific and technical ideas. In the article the procedure of conducting of theoretical and practical conferences at technical University is considered. The article substantiates the necessity to introduce active teaching methods in a higher educational establishment. Results from this study demonstrate that when the theoretical notions bridge the research- practice divide and are adopted into daily classroom teaching and learning activities, there is a qualitative and quantitative improvement in student literacy learning. The article deals with academic style features of speech at an example of the English language as one of the basic means of the international academic dialogue.

Системный подход к формированию социальной стратегии предприятия

Матешук А.А.
МАИ, г. Москва

С точки зрения совершенствования социального управления предприятиями в современных условиях актуальным является использование метода стратегического планирования.

В эволюции методов социального планирования различают этапы социального развития предприятия по остаточному принципу, от достигнутого, нормативный метод.

Наибольшее распространение в современной практике социального менеджмента на предприятиях получил метод разработки социальных целевых программ, который направлен на решение отдельных проблем. В то же время достижение существенного всестороннего эффекта в социальном развитии предприятия связано с разработкой соответствующей функциональной стратегии.

В научной литературе вопросам разработки социальной стратегии уделяется недостаточно внимания. Основы стратегического социального планирования излагают И.Е. Ворожейкин, Н.Л. Захаров, А.Л. Кузнецов, Ю.А. Афонин и другие. Предлагаемые социальные стратегии связаны с отдельными направлениями в социальном развитии предприятия. Использование системного подхода позволяет сформировать целостную социальную стратегию с учётом различных уровней социального развития. Предлагается различать следующие уровни и виды социальных стратегий:

• Базовый – минимально приемлемое развитие социальной сферы предприятия, включающее обеспечение благоприятных условий труда и отдыха, комплексную систему вознаграждения работников, сбалансированность социальной структуры коллектива,

• Нормальный – заключающийся в урегулировании социально-трудовых отношений и интересов основных социальных групп на предприятии, формировании социальной политики и обеспечении конкурентоспособности предприятия как работодателя на рынке труда, способного привлекать и удерживать квалифицированную рабочую силу,

• Высокий – связанный с формированием ключевой компетенции организации, обеспечивающей ее конкурентоспособность на рынках продукции за счет накопления и развития современных интеллектуальных, профессиональных, информационных ресурсов, предполагающий создание системы менеджмента знаний, управление компетенциями работников,

• Максимальный – предполагающий реализацию социальной ответственности предприятия во внешней среде, управление взаимоотношениями с заинтересованными группами, социальные инвестиции в решение проблем местного сообщества, государственно-частное партнерство в развитии социальной сферы общества.

Systematic approach to the formation of the company's social strategy

Mateshuk A.A.
MAI, Moscow

In the evolution of social planning methods distinguish stages of social development of the enterprise on the residual principle, from the achieved, the normative method. The most common in the modern practice of social management in enterprises was the method of development of social target programs, which is aimed at solving individual problems. At the same time, the achievement of a significant comprehensive effect in the social development of the enterprise is associated with the development of an appropriate functional strategy.

In the scientific literature, insufficient attention is paid to the development of social strategy. Fundamentals of strategic social planning outline I. E. Vorojeikin, N. L. Zakharov, A. L. Kuznetsov, Yu. a. Afonin and others. The proposed social strategies are related to certain areas in the social development of the enterprise. The use of a systematic approach makes it possible to form a holistic social strategy taking into account different levels of social development. It is proposed to distinguish the following levels and types of social strategies:

• Basic – the minimum acceptable development of the social sphere of the enterprise, including the provision of favorable working and rest conditions, a comprehensive system of remuneration of employees, the balance of the social structure of the team,

• Normal - consists in the regulation of social and labor relations and the interests of the main social groups in the enterprise, the formation of social policy and ensuring the competitiveness of the enterprise as an employer in the labor market, able to attract and retain skilled labor,

• High-associated with the formation of the key competence of the organization, ensuring its competitiveness in the product markets through the accumulation and development of modern

intellectual, professional, information resources, involving the creation of a knowledge management system, management of employees ' competencies,

• Maximum-assuming the implementation of social responsibility of the enterprise in the external environment, management of relations with interested groups, social investments in solving the problems of the local community, public-private partnership in the development of the social sphere of society.

Проблемы мониторинга финансово-экономического состояния группы корпораций

Мелехина А.И., Суркова Е.В.
МАИ, г. Москва

Актуальность мониторинга финансово-экономического состояния групп корпораций автомобилестроительной отрасли обусловлена, во-первых, важностью отрасли для экономики Российской Федерации, во-вторых, применением нового аналитического инструмента, называемого «мониторинг фондовой сети корпорации».

Целью данного исследования является мониторинг эталонной фондовой сети для оценки финансово - экономического состояния отрасли.

Объектом исследования явилось финансово-экономическое состояние отрасли автомобилестроения.

Предмет исследования – фондовая сеть данной отрасли.

Отрасль автомобилестроения включает ряд самостоятельных корпораций. Наиболее крупными из них являются ПАО «КАМАЗ», ПАО «ГАЗ», ПАО «АВТОВАЗ», ПАО «НЕФАЗ», АО «Автомобильный завод «УРАЛ». Эта отрасль имеет важное народнохозяйственное значение. Большинство корпораций являются градообразующими в своих регионах. Выпускают все виды автотранспортных средств для населения, бизнеса и обороны. Специфика производимой продукции, деятельность в условиях высокой конкуренции обусловили сложное финансово-экономическое состояние отдельных корпораций и отрасли в целом.

Аналитический инструмент предусматривает построение и исследование фондовой сети корпорации. Финансовый оборот представляет собой совокупность взаимосвязанных фондов. Фонд – обособленная часть активов корпорации. Каждый фонд соответствует наиболее важному участку бизнес-процесса. На основе публичной финансовой отчетности корпорации определяются параметры фонда: величины запасов активов и модули финансовых потоков. На их основе определяется ряд экономических показателей. Их ценность в том, что они отражают финансово-экономическое состояние не только корпорации в целом, но и каждого из наиболее важных участков ее бизнес-процесса.

Построение и мониторинг фондовой сети отрасли осуществляется на основе публичной финансовой отчетности каждой из корпораций. Для получения финансовой отчетности каждой из корпораций можно использовать один из наиболее привлекательных источников: систему раскрытия финансовой информации Центрального Банка России.

Построение фондовой сети заключается в определении параметров каждого из фондов – величин запасов активов и модулей финансовых потоков. Для этого используется специализированный программный продукт. Результатом является схема фондовой сети с указанием количественных параметров фондов. Мониторинг фондовой сети проводится для оценки экономической эффективности деятельности отрасли на каждом участке финансового оборота.

Problems on monitoring of financial and economic condition the group of corporations

Melekhina A.I., Surkova E.V.
MAI, Moscow

The relevance of monitoring the financial and economic status of groups of corporations in the automotive industry is due, firstly, to the importance of the industry for the economy of the

Russian Federation, and secondly, the use of a new analytical tool called "monitoring the stock network of the corporation."

The purpose is to monitor the reference stock network to assess the financial and economic condition of the industry.

The object was the financial and economic condition of the automotive industry.

The subject of research is the stock network of the industry.

The automotive industry includes a number of independent corporations. The largest of them are "KAMAZ", "GAZ", "AVTOVAZ", "NEFAZ", "Automobile plant "URAL". This industry has the great economic importance. Produce all types of vehicles for the population, business and defense. The specifics of the products, activities in a highly competitive environment led to a complex financial and economic condition of individual corporations and the industry.

The tool provides for the construction and research of the Corporation's stock network. Financial turnover is a set of interrelated funds. The Fund is a separate part of the Corporation's assets. Each Fund corresponds to the part of the business process. On the basis of public financial statements of the Corporation the parameters of the Fund are determined: the size of the stock of assets and modules of financial flows. On their basis, a number of economic indicators are determined. Their value is that they reflect the financial and economic condition of not only the Corporation as a whole, but also each of the most important parts of its business process.

The construction and monitoring of the industry's stock network is based on the public financial statements of each Corporation. One of the most attractive sources can be used to obtain financial statements of each Corporation: the financial information disclosure system of the Central Bank of Russia.

Building a stock network is to determine the parameters of each of the funds – the values of the stock of assets and modules of financial flows. For this purpose, a specialized software product is used. The result is a scheme of the stock network indicating the parameters of the funds. Monitoring of the stock network is carried out to assess the economic efficiency of the industry in each area of financial turnover.

Лингвистические особенности англоязычных текстов по использованию вертолетов в гражданской авиации

Мельдианова А.В., Литвин Э.Ю.
МАИ, г. Москва

В настоящее время вертолетная отрасль является одной из наиболее перспективных. Одним из основных производителей и экспортеров вертолетной техники на международном рынке выступает Россия. Вертолетная техника используется как средство передвижения гражданского назначения, так и в военной сфере. В гражданской авиации вертолеты могут применяться для спасательных операций, оказания скорой помощи, обеспечения прибрежной добычи нефти, для борьбы с пожарами, распыления гербицидов, пестицидов и удобрений. Полиция и правительственные органы используют вертолеты для силовых операций. Применяется вертолетная техника также в индустрии туризма, для ведения киносъемки, для сбора новостей и слежения за передвижением транспорта.

Актуальность темы обусловлена значительным интересом к вертолетной индустрии по всему миру, увеличением значимости авиационной научно-технической литературы. В связи с тем, что передовые позиции в технологическом развитии занимают Россия и США, становится важным изучение лингвистических особенностей не только русскоязычных, но и англоязычных авиационных тестов. Цель исследования заключается в выделении стилистических, лексических и грамматических средств в английских текстах по использованию самолетов в гражданской авиации.

Тексты научно-технического стиля характеризуются логически обоснованным изложением фактического материала, без применения эмоционально окрашенных слов и выражений. Основной лексической особенностью рассматриваемых текстов является широкое использование терминов как однокомпонентных (diode, throttle, swivel, rivet, folding, kneeling), так и многокомпонентных (lightning strike, climbing mode, sliding door,

preservation of pipes and fuel units), а также частое употребление аббревиатур и акронимов. Среди грамматических особенностей превалируют сложные инфинитивные, герундиальные обороты, пассивные конструкции, атрибутивные сочетания, особое абзацное деление предложений, использование вводных слов и конструкций. Наметилась тенденция к сокращению числа сложных предложений, которые в нерасчлененной форме последовательно выражают ход авторской мысли. Для того, чтобы грамотно осуществить перевод специализированной научно-технической литературы, необходимо знать ее лексико-грамматические особенности и учитывать их при передаче переводимого материала.

Linguistic peculiarities of English texts on using helicopters in civil aviation

Meldianova A.V., Litvin E.Y.
MAI, Moscow

Nowadays helicopter industry is one of the most perspective ones. The Russian Federation is today the main manufacturer and exporter of helicopters on an international market. Helicopters are applied mainly as means of transportation for civil purposes, as well as for military aims. The application of helicopters in civil aviation is rather wide. They are used in rescue operations, in coastal oil production, in fighting fires, in fertilization. Helicopters are also applied for shooting films, gathering news, in tourism.

The increasing interest to helicopter industry all over the world, the importance of aviation technical scientific texts underline the topical character of this article. As the leading positions in this industry are occupied by Russia and the USA, the detailed study of linguistic peculiarities of Russian and English texts on helicopters manufacturing and application is necessary. The aim of this scientific research is to single out the main stylistic, lexical and grammatical means.

The main characteristic feature of a scientific style is the clear and logical narration of the material without any emotional colouring. The aviation texts are also characterized by a wide use of terms that can consist of one member (diode, throttle, swivel, rivet, folding, kneeling) or a phrase (lightning strike, climbing mode, sliding door, preservation of pipes and fuel units), as well as the use of acronyms and abbreviations. Among grammar linguistic means there can be distinguished infinitive and gerundial complexes, passive constructions, complicated attributive combinations, specific abstract division, introduction words and phrases. There is also a tendency to the use of simple sentences instead of composite ones. The knowledge of all mentioned above features is necessary to achieve an adequate translation of specialized technical scientific literature.

Экономическая безопасность на предприятиях авиационной отрасли

Мешанков Д.В., Тихонов А.И., Дудинских А.В., Фатихова Э.Р.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день мировая экономика пребывает в крайне неустойчивом состоянии, что в свою очередь проявляется в обостряющейся конкурентной борьбе между субъектами хозяйства, а также в приводит к росту количества рискованных финансовых операций. В такой ситуации становится затруднительным осуществление прогноза дальнейшего развития российской экономики, которая до сих пор в сильной степени зависит от притоков и оттоков капитала из-за рубежа и цен на сырье. Сложившиеся экономические условия оказывают негативное влияние на процесс выбора стратегии и тактики развития промышленного предприятия, теперь этот процесс требует необычайно ответственного отношения, вынуждает внедрять в управленческую деятельность новые подходы и методы.

Всё вышеизложенное касается и авиационной промышленности, ведь авиационная промышленность сегодня - наиболее крупная отрасль оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации, обеспечивающая интересы страны в вопросах обороны, безопасности и связанности территорий. Именно поэтому вопрос экономической безопасности такого рода предприятий стоит наиболее остро.

Экономическая безопасность предприятия — состояние защищен-ности интересов предприятия от внутренних и внешних угроз, формируемое предприятием путем реализации мероприятий правового, экономического, организа-ционного, инженерно-технического и социально-психологического направлений.

Главными элементами экономической безопасности предприятия авиационной отрасли является стратегическое планирование и прогнозирование. Отдельно выделяются такие направления как антикризисное и стратегическое управление. Современная модель экономической безопасности на предприятиях авиационной отрасли строится именно на основе вышеупомянутых параметров.

С точки зрения экономической безопасности потенциал предприятия авиационной промышленности должен выражаться в должном обеспечении предприятия качественными ресурсами, рациональными запасами этих ресурсов при учете всех рисков деятельности авиационного предприятия.

Литература:

1. Алексеева П.А., Федотова М.А., Тихонов А.И. Антикризисное управление персоналом предприятий аэрокосмической отрасли // Московский экономический журнал. 2016. № 4. С. 21.

2. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс. Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

Economic security in the aviation industry

Meshankov D.V., Tikhonov A.I., Dudinskikh A.V., Fatihova E.R.
MAI, Moscow

To date, the world economy is in an extremely unstable state, which in turn manifests itself in the growing competition between economic entities, as well as leads to an increase in the number of risky financial transactions. In this situation, it becomes difficult to forecast further development of the Russian economy, which is still heavily dependent on inflows and outflows of capital from abroad and commodity prices. The current economic conditions have a negative impact on the process of choosing a strategy and tactics for the development of an industrial enterprise, now this process requires an unusually responsible attitude, forcing to introduce new approaches and methods into management activities.

All of the above applies to the aviation industry, because the aviation industry today is the largest branch of the military - industrial complex of the Russian Federation, ensuring the interests of the country in matters of defense, security and connectivity of territories. That is why the issue of economic security of such enterprises is the most acute.

Economic security of the enterprise — the state of protection of interests of the enterprise from internal and external threats formed by the enterprise by implementation of actions of the legal, economic, organizational, engineering and social and psychological directions.

The main elements of the economic security of the aviation industry is strategic planning and forecasting. Such directions as anti-crisis and strategic management are singled out separately. The modern model of economic security in the aviation industry is based on the above-mentioned parameters.

From the point of view of economic security, the potential of the aviation industry enterprise should be expressed in the proper provision of the enterprise with quality resources, rational reserves of these resources, taking into account all the risks of the aviation enterprises.

References:

1. Alekseeva, p. A., Fedotova, Moscow, Tikhonov, A. I. anti-Crisis personnel management of enterprises in the aerospace industry // Moscow economic journal. 2016. No. 4. P.21.

2. Kraev V. M., Fedotov M. A., Tikhonov A. I. personnel Management of aerospace industry. basic course. Study guide / Stavropol. – LOGOS. 2018. 108 p.

Автоматизация документооборота на предприятии оборонно-промышленного комплекса

Миронова П.А.
МАИ, г. Москва

Одним из важнейших секторов экономики России является оборонная промышленность. Масштабная государственная программа вооружений стимулирует развитие современного оборонного промышленного комплекса в России, повышает темпы роста военного строительства России.

Авиационные предприятия, осуществляющие деятельность в сфере Государственного оборонного заказа в соответствии с законодательством Российской Федерации, нуждаются в повышении скорости обработки документопотоков в связи с увеличением заказов. Система электронного документооборота является неотъемлемой частью инструментов управления, которая координирует и контролирует деятельность авиационных предприятий, связанную с разработкой, производством, испытанием и ремонтом авиационной техники.

Целью исследования было создание и реализация информационной подсистемы документооборота – главного фактора обеспечения эффективной работы отечественных промышленных предприятий. Эффективная работа будет заключаться в сокращении времени на принятие управленческих решений, снижении стоимости выполняемых работ, уменьшении затрат на создание, корректировку, согласование, поиск, получение необходимых документов. Было предложено разработать проект информационной подсистемы, основанный на анализе предприятия, содержащий более совершенное решение автоматизации документооборота.

В рамках исследования были проведены описание и анализ некоторых существующих бизнес-процессов, необходимых для выявления «слабых мест» подсистемы документооборота. Перспективной концепцией применения информационных технологий является программное сопровождение 1С: Документооборот, предполагающее преобразование бизнес-процессов в интегрированный процесс документооборота. В результате исследования было проведено поэтапное моделирование информационной подсистемы с графическим представлением концептуальной и логической моделей базы данных, которое позволяет минимизировать объем передаваемой информации, обеспечить совместную работу пользователей с общими данными, не нарушая их целостности.

Разработка и внедрение информационной подсистемы управления документооборотом характеризуются экономическим и социальным эффектом. Положительный результат выражается в снижении временных затрат, трудовых затрат персонала. В автоматизированной подсистеме документооборота создаются оптимальные условия высокоэффективной и безошибочной деятельности человека, удовлетворение эстетических запросов, что и характеризует социальный эффект.

Automation of document flow at the military-industrial complex enterprise

Mironova P.A.
MAI, Moscow

The defensive industry is one of the most important sectors of economy of Russia. The large-scale state program of arms stimulates development of a modern defense industrial industry in Russia, increases growth rates of military construction of Russia.

The aircraft enterprises that are carrying out activity in the sphere of the State defensive order according to the legislation of the Russian Federation need increase in speed of processing of document flow in connection while increase in orders volume. The electronic document management system is an integral part of management tools that coordinates and controls the activity of the aircraft enterprises connected with development, production, test, and repair of the aircraft equipment.

Creation and realization of information subsystem of document flow – the main factor of ensuring effective work of the domestic industrial enterprises. Effective work consists of

reduction of adopting time of administrative decisions, depreciation of the performed works, reduction of costs of creation, adjustment, coordination, search, obtaining necessary documents. It had been offered to create the information subsystem project based on the analysis of the enterprise, containing more perfect solution of automation of document flow.

The description and the analysis of some existing business processes are necessary for identification of "weak points" of a document flow subsystem. The perspective concept of use of information technologies is the 1C: Document flow program maintenance that assumes transformation of business processes to the integrated document flow process. Stage-by-stage modeling of information subsystem with graphical representation of conceptual and logical models of the database which allows to minimize the volume of the transmitted data has been carried out, to ensure collaboration of users with the general data, without breaking their integrity.

Development and deployment of information subsystem for management of document flow are characterized by economic and social effect. The positive result is expressed in decrease in time expenditure, labor expenses of personnel. The social effect In the automated subsystem of document flow may be characterized by creating of optimum conditions of highly effective and faultless activity of the person, satisfaction of esthetic inquiries.

Области применения квантовых компьютеров

[1]Мицкевич Д.В., [2]Ялчик А.С., [2]Прохорова И.С.
[1]МАИ, [2]МИИТ, г. Москва

Квантовый компьютер — вычислительное устройство, использующее явления квантовой механики для передачи и обработки данных.

Работа квантового компьютера основывается на двух принципах квантовой механики:

• Принцип суперпозиции – единицей измерения квантового компьютера является кубит. Особенность кубита – способность одновременно находиться в двух состояниях – «1» и «0», что позволяет вести параллельные вычисления;

• Квантовая запутанность – феномен, заключающийся во взаимосвязи двух частиц. Если одна из частиц имеет положительную спиральность, то вторая также принимает положительную.

Благодаря новому подходу в процессе вычислений квантовый компьютер создаст предпосылки для грандиозных открытий во многих областях.

1. Искусственный интеллект

Основное применение квантовым вычислениям – искусственный интеллект, основанный на принципах обучения в процессе извлечения опыта, становящийся все точнее по мере работы обратной связи. Эта обратная связь зависит от расчета вероятности для множества возможных исходов, и квантовые вычисления идеально подходят для таких операций.

2. Финансовое моделирование

Современные рынки являются одними из самых сложных систем. Хотя разработано много научных и математических инструментов для работы с ними, нет контролируемых условий, в которых можно было бы провести эксперименты. Для решения данной проблемы можно применить квантовые вычисления. Их преимуществом является то, что случайность, присущая квантовым компьютерам, конгруэнтна стохастическому характеру финансовых рынков.

3. Генетика

Скорость квантовых вычислений позволит моделировать сложные молекулярные взаимодействия на атомном уровне. Анализ этих взаимодействий приведет к созданию новых методов лечения пока неизлечимых заболеваний. Также квантовые компьютеры могли бы обнаруживать мутации в ДНК, которые пока кажутся совершенно случайными.

4. Прогнозирование погоды

Квантовые компьютеры могут помочь в создании более совершенных климатических моделей, дающих более глубокое представление о том, как люди влияют на окружающую

среду. На основе этих моделей станет возможным определять шаги, требующиеся для предотвращения стихийных бедствий.

5. Материаловедение

Квантовые вычисления позволят ученым имитировать и анализировать атомные взаимодействия с невероятной точностью, что приведет к созданию совершенно новых и более эффективных материалов. Это означает, что появиться возможность найти и создать лучшие сверхпроводники, более мощные магниты, лучшие источники энергии и многое другое.

Applications of quantum computers

[1]Mickevich D.V., [2]Yalchik A.S., [2]Prohorova I.S.
[1]MAI, [2]MIIT, Moscow

A quantum computer is a computing device that uses the phenomena of quantum mechanics to transmit and process data.

The work of a quantum computer is based on two principles of quantum mechanics:

• The principle of superposition - the unit of measurement of a quantum computer is a qubit. A feature of the qubit is the ability to simultaneously be in two states - "1" and "0", which allows you to conduct parallel calculations;

• Quantum entanglement - a phenomenon consisting in the interconnection of two particles. If one of the particles has a positive helicity, then the second one also takes a positive helicity.

Thanks to the new approach in the calculation process, a quantum computer will create the prerequisites for discoveries in many areas.

1. Artificial Intelligence

The main application of quantum computing is artificial intelligence, based on the principles of learning in the process of extracting experience, becoming more precise as feedback works. This feedback depends on the calculation of the probability for a set of possible outcomes, and quantum computations are ideally suited for such operations.

2. Financial modeling

Modern markets are one of the most complex systems. Although many scientific and mathematical tools have been developed to work with them, there are no controlled conditions in which experiments could be performed. To solve this problem, you can apply quantum computation. Their advantage is that the randomness inherent in quantum computers is congruent with the stochastic nature of financial markets.

3. Genetics

The speed of quantum computing will make it possible to model complex molecular interactions at the atomic level. The analysis of these interactions will lead to the creation of new methods of treatment of incurable diseases. Also, quantum computers could detect mutations in DNA, which so far seem completely random.

4. Forecasting weather

Quantum computers can help to create better climate models that give a deeper insight into how people affect the environment. Based on these models, it will be possible to determine the steps required to prevent natural disasters.

5. Material Science

Quantum calculations will allow scientists to simulate and analyze atomic interactions with incredible accuracy, which will lead to the creation of completely new and more efficient materials. There is an opportunity to find and create better superconductors, more powerful magnets, better sources of energy.

Профессия Риск-менеджер: компетенции и роль в обеспечении устойчивости деятельности организации

[1]Молодцов И.И., [2]Третьякова Ю.Д.
[1]МАИ, [2]Финансовый Университет, г. Москва

Риск-менеджер – молодая, но актуальная профессия во времена высокой неопределённости, конкуренции и санкций.

В 2015 г. в России вышел приказ об утверждении стандарта «Специалист по управлению рисками». В соответствии с ним основная цель деятельности Риск-менеджера - выявление событий, влияющих на деятельность компании и её цели, управление рисками и возможностями, контроль и мониторинг превышения допустимого уровня риска (риск-аппетита), обеспечивающего непрерывную деятельность и устойчивое развитие.

Портрет Риск-менеджера - высшее образование, подготовка по профильным международным квалификационным программам и (или) в функциональных областях деятельности компании, не менее двух лет опыта в функциональной области, коммуникативные навыки. Он должен обладать компетенциями: построение реестра и карты рисков; определение и внедрение эффективных методов и планов воздействия на риски; анализ рисков по их вероятности и ущербу; владение программным обеспечением по анализу и моделированию рисков; знание стандартов по рискам; поддержание коммуникаций и проведение интервью; систематизация больших объёмов данных, выстраивая логические связи.

В интервью идентифицируются ситуации, которые могут привести к ущербу, которые ранее не прорабатывались или не правильно оценивались последствия. Выстраивая кроссфункциональные взаимосвязи и привлекая экспертов, обеспечивается разумная оценка рисков, а также идентифицируются проблемы, которые оказавшись между несколькими функциональными направлениями оставались без управления.

Анализ и приоритизация рисков позволяют обосновать и выделить ресурсы для предотвращения реализации рисков, минимизации возможного ущерба или использования возможностей для максимизации прибыли. Ресурсы выделяются с учётом влияния на стратегические цели компании и принятого риск-аппетита, что обеспечивает рациональность использование.

Риск-ориентированный подход в операционной деятельности помогает продумывать риски, их факторы и последствия, в следствии чего деятельность подразделений становится эффективнее и устойчивее к негативным воздействиям, для этого разрабатываются нормативно-методические документы и проводятся консультации.

Риск-менеджер, предоставляя информацию о рисках повышает уровень качества принимаемых управленческих решений, обеспечивая устойчивость и развитие организации.

Profession Risk manager: competence and role in ensuring sustainability of the organization's activities

[1]Molodtsov I.I., [2]Tretyakova J.D.
[1]MAI, [2]Financial University, Moscow

Risk Manager is a young but relevant profession in times of high uncertainty, competition and sanctions.

In 2015, Russia issued an order to approve the standard "risk management Specialist". According to him the main objective of Risk management- identifying the events that affect the operations of the company and its goals, the risk and opportunity management, control and monitoring of exceeding the acceptable risk level (risk appetite) that provides continuous operation and sustainable development.

Portrait of Risk Manager-higher education, training in specialized international qualification programs and (or) in the functional areas of the company, at least two years of experience in the functional field, communication skills. He must have competencies: building a risk register and risk map; identify and implement effective methods and plans of exposure to risks; analysis of

risks according to their likelihood and damage; possession of software analysis and risk modeling; knowledge of standards for risk; maintaining communications and conducting interviews; systematization of large amounts of data, building logical connections.

The interview identifies situations that may lead to damage that have not previously been worked out or the consequences have not been correctly assessed. By building cross-functional relationships and involving experts, a reasonable assessment of risks is provided, as well as identifying problems that were left without management between several functional areas.

Analysis and prioritization of risks allow to justify and allocate resources to prevent the implementation of risks, minimize possible damage or use opportunities to maximize profits. Resources are allocated taking into account the impact on the strategic goals of the company and the accepted risk appetite, which ensures rational use.

The risk-oriented approach in operating activities helps to think over risks, their factors and consequences, in consequence of which the activities of departments become more efficient and more resistant to negative impacts, for this purpose, regulatory and methodological documents are developed and consultations are held.

Risk Manager, providing information about the risks increases the quality of management decisions, ensuring the sustainability and development of the organization.

Анализ социальной сети в области управления персоналом

Москалева А.Ю., Краев В.М.
МАИ, г. Москва

Поиск подходящих кандидатов - одна из главных задач кадровой службы. Зачастую информация, указанная в резюме, не всегда соответствует действительности. Кадровые службы пытаюсь удостоверится в данной информации путем проведения телефонных, личных интервью, тестов, дополнительных анкет, а также с помощью одного из самого дорогостоящего метода - проверкой службой безопасности. По большей части данные методы являются затратными, как и в денежных средствах, так и временном плане. Но эти методы не всегда могут показать истинные профессионального навыки, достижения, хобби.

Социальные сети уже вошли в профессиональной сферу. Социальные сети являются наиболее доступным ресурсом для понимания образа кандидата. Заполненные профили могут сказать о многом. Благодаря этому ресурсу можно составить полноценный портрет человека. В социальных сетях можно выявит положительные признаки такие, как творческие публикации, позитивные комментарии, грамотные и аргументированные мнения, хорошие коммуникативные навыки, упоминание о профессиональных наград и достижений. И соответственно можно узнать о негативных признаках: недопустимые фотографии, наличие вредных привычек, ненормативная лексика, неуместные комментарии на тему гендерных особенностей, религии т.д. После выявления таких признаков появится понимание, насколько человек серьезно будет относиться к тем или иным обязанностям. Такая проверка займет несколько минут, но при этом сэкономит финансовые средствах. Метод анализа социальной сети может принести большую пользу при реализации функций управления персоналом.

Таким образом, социальные сети являются важным критерием при принятии конечного решения о приеме человека на должность. Данный ресурс может облегчить работу службы управления персоналом.

Список литературы:

1. Тихонов А.И., Новиков С.В., Федотова М.А. Взаимодействие вузов и предприятий в сфере высокотехнологичного производства // Мир транспорта. 2017. Т. 15. № 1 (68). С. 232-241

Analysis of the social network in the field of personnel management

Moskaleva A.Y., Kraev V.M.
MAI, Moscow

The search for suitable candidates is one of the main tasks of the personnel service. Often, the information indicated in the summary is not always true. Personnel services try to make sure of this information by conducting telephone, personal interviews, tests, additional questionnaires, as well as using one of the most expensive methods - security check. For the most part, these methods are costly, as in money, and the time plan. But these methods can not always show true professional skills, achievements, hobbies.

Social networks have already entered the professional sphere. Social networks are the most accessible resource for understanding the image of a candidate. Filled profiles can say a lot. Thanks to this resource it can make a full-fledged portrait of a man. In social networks, it can identify positive signs such as creative publications, positive comments, competent and well-reasoned opinions, good communication skills, mention of professional awards and achievements. And accordingly, it can learn about negative symptoms: inappropriate photos, the presence of bad habits, profanity, inappropriate comments on the topic of gender, religion etc. After identifying such signs, there will be an understanding of how seriously a person will treat these or other duties. Such a check will take several minutes, but at the same time it will save money. The method of analyzing the social network can be of great use when implementing the functions of personnel management.

Thus, social networks are an important criterion in making a final decision on the admission of a person to a position. This resource can facilitate the work of the personnel management service.

References:

1. Tikhonov A.I., Novikov S.V., Fedotova M.A. Interaction of universities and enterprises in the field of high-tech production / / The world of transport. 2017. Vol. 15. No. 1 (68). Pp. 232-241

Формирование морально-психологического климата на примере переводческой организации

Москалёва Ю.А., Ерохина К.С., Смирнова Т.С.
МАИ, г. Москва

В наше время, вопрос управления достаточно важен, так как любой руководитель организации старается улучшить эффективность своего предприятия, а для этого нужно точно и правильно подобрать персонал, а так же в дальнейшем суметь рационально им управлять и поддерживать благоприятный морально-психологический климат в коллективе.

Большую роль в формировании коллектива и поддержании в нем морально-психологического климата играет руководитель организации.

Одной из важнейших функций руководителя является умение наблюдать за коллективом, для этого большое значение имеет умение замечать ход работы и поступки отдельных подчиненных и всего коллектива в целом, а так же умение найти подход к каждому, создать, сплотить и «вырастить» коллектив.

В качестве базовой организации была выбрана компания по письменному и устному переводу различного рода документации «Транстех».

Организация специализируется на работе с экспортной документацией предприятий и организаций в следующих областях: авиация, судостроение, ПВО, сухопутные вооружения, атомный энергетический комплекс, ТЭК, радиоэлектронная промышленность, строительство.

Целью исследования было: проанализировать морально-психологический климат, установившийся внутри коллектива в организации по предоставлению лингвистических услуг.

Проблема взаимоотношений в коллективе вызывает большой интерес со стороны исследователей и играет одну из главных ролей в развитии и функционировании компании.

Качественная работа персонала в основном зависит от взаимоотношений в коллективе, а так же от морально-психологического климата.

Одной из основных задач руководителя - это поддержание в коллективе дружеских отношений и своевременное разрешение конфликтов, возникающих между коллективом, а так же между коллективом и руководителем.

Для получения более точны данных, внутри коллектива было проведено два опроса,

Поле проведения 1 опроса было выяснено, что большая часть кадров считает организацию успешной, так как сотрудники задействованы в организационной культуре, имеют возможность самореализации и удовлетворены условиями работы.

После проведения 2 опроса было выяснено, что коллектив выбранной организации был сформирован точно и со знанием дела, практически отсутствует текучесть кадров.

Создание благоприятной атмосферы в коллективе это не лёгкий процесс, однако, стоит приложить максимум усилий, чтобы в дальнейшем организация развивалась успешно и достигала новых целей.

Formation of moral and psychological climate of the organization on the example of the translation organization

Moskalyova J.A., Erokhina K.S., Smirnova T.S.
MAI, Moscow

Presently, the question of management is rather important as any head of the organization tries to improve efficiency of the enterprise, and for this purpose it is necessary to pick up precisely and correctly personnel, and also further rationally to manage to operate it and to maintain favorable moral and psychological climate in collective.

The big role in formation of collective and maintenance in it moral and psychological climate is played by the head of the organization.

One of the most important functions of the head is the ability to watch collective, for this purpose the ability to notice the course of work and acts of certain subordinates and all collective in general, and also ability to find approach to everyone, to create, rally and "grow up" collective is of great importance.

As the basic organization the company on different translation and interpretation of documentation Transtekh was chosen.

The organization specializes in work with export documentation of the enterprises and the organizations in the following areas: aircraft, shipbuilding, air defense, overland arms, atomic power complex, energy industry, radio-electronic industry, construction.

Research objective was: to analyse the moral and psychological climate which was established in collective in the organization for providing linguistic services.

The problem of relationship in collective attracts great interest from researchers and plays one of leading roles in development and functioning of the company.

High-quality work of personnel generally depends on relationship in collective, and also on moral and psychological climate.

One of the main objectives of the head is a maintenance in collective of the friendly relations and timely resolution of conflicts arising between collective, and also between collective and the head.

For receiving are more exact data, in collective two surveys were conducted,

The field of holding 1 poll was found out that the most part of frames considers the organization successful as employees are involved in organizational culture, have a possibility of self-realization and are satisfied with working conditions.

After carrying out 2 polls were found out that the staff of the chosen organization was created precisely and with skill, there is practically no turnover of staff.

Формирование коммуникативных навыков документационного сопровождения управленческих решений у студентов экономических специальностей

Муравьева Н.В.
МАИ, г. Москва

Любое управленческое решение обязательно отражается в некоторой совокупности документов, сопровождается составлением документов. При этом ошибки в документах действительно приводят к тем или иным просчетам в управлении, что снижает его эффективность. Отсюда возникает необходимость развивать у студентов экономических специальностей коммуникативных навыков, в том числе свободного составления письменных и устных деловых текстов. Подобные тексты характеризуются особым отбором и организацией лексических и грамматических средств с учетом условий и целей коммуникации.

Однако какие дисциплины, включаемые в учебные планы подготовки по направлению «экономика» в той или иной мере нацелены на формирование таких навыков? Максимально (но не обязательно) это две дисциплины: «Русский язык и культура речи» (чаще) и «Делопроизводство» / «Деловое общение» (реже).

«Русский язык и культура речи» формирует у студентов базовые представления о языке, речи и тексте, стилистической системе языка и правилах составления качественных текстов, однако в силу ограниченности времени (обычно семестровый курс, группа от 25 до 30 студентов на практических занятиях) в рамках этой дисциплины невозможно выработать у будущих экономистов навыки свободного составления деловых текстов,

«Делопроизводство» / «Деловое общение» прежде всего, ориентирована на понимание внеязыковых особенностей делового общения, процессов документооборота. В результате студенты-экономисты не овладевают коммуникативными навыками, важными для процессов управления.

Ситуация может быть изменена, если программы существующих лингвистических/гуманитарных дисциплин будут расширены за счет включения в них блока кейсов, нацеленных на знания и умения в области документной лингвистики. Содержательно и методически такие кейсы нами разработаны и протестированы. Обучение на основе предлагаемых кейсов позволит студентам-экономистам научиться быстро и грамотно оформлять отдельные реквизиты, а также деловые тексты разных типов с учетом их построения и языка (например, связный текст, трафарет, анкета, таблица и диаграмма; или деловые записки и письма, заявления и договоры, приказы и кодексы) на основе существующих ГОСТов. А это, в свою очередь, повысит конкурентоспособность выпускников экономических специальностей на рынке труда.

Development communication skills of documentary support of management decisions for students studying economics

Muraveva N.V.
MAI, Moscow

Any management decision is to be reflected in a set of documents, accompanied by the preparation of documents. At the same time, errors in the documents really lead to certain miscalculations in management reducing its effectiveness. Hence, there is a need of developing for students studying economics such communicative skills as free drafting of written and oral business texts. Such texts are characterized by a special selection and organization of lexical and grammatical means, taking into account conditions and goals of communication.

However, what subjects are included in the curriculum for students studying economics in one way or another aimed at the development such skills? The maximum (but not necessarily) there are two disciplines: «Russian language and speech culture» (more often) and «Document Management» / «Business communication» (more rarely).

«Russian language and speech culture» develops in the students a basic understanding of the language, speech and text, the stylistic system of a language and the rules of drafting quality texts, but because of the limits of time (usually a semester course, a group of 25 to 30 students on

a practical training) in the framework of this discipline it is impossible to guarantee that future economists have skills of free preparation of business texts.

«Document Management» / «Business communication» is primarily focused on the understanding of non-linguistic features of business communication, document management processes. As a result, students-economists do not acquire communication skills important for management processes.

The situation can be changed if the programs of the existing linguistic / humanitarian disciplines is expanded by including a block of cases (case study) aimed at development of knowledge and skills in the field of documentary linguistics. We have developed and tested such cases taking into account their content and teaching methods. Training on the basis of the proposed cases will allow students-economists to learn how drafting business texts of different types quickly and competently, taking into account their construction and language (for example, coherent text, stencil, questionnaire, table and chart; or business notes and letters, petitions and contracts, orders and codes) on the basis of existing documentary standards. And this, in turn, will increase the competitiveness of graduates of economic specialties in the labor market.

Геймификация в адаптации персонала на предприятиях аэрокосмической отрасли

Мурадова Н.М., Федотова М.А.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день одним из важных элементов кадровой работы любой организации является процесс формирования действующей системы адаптации персонала. Это связано с тем, что для каждого человека новое рабочее место ─ это своего рода стресс, ему приходится привыкать к новым правилам, знакомиться и привыкать к неизвестным людям, изучать поведенческие нормы и правила организации. Чтобы сократить процесс адаптации и помочь сотруднику начать работать с максимальной эффективностью, как можно скорее, руководство компании должно обратить внимание на такую серьезную процедуру, как адаптация.

Процесс адаптации нового сотрудника должен быть понятным, захватывающим и структурированным, так как он призван облегчить работу HR и руководителя, при этом обеспечить комфортные условия для новичка. Данную задачу решает геймификация, которая вовлекает сотрудников и способствует более качественному и быстрому усвоению нового материала.

Геймификация ─ это применение игровых подходов, широко используемых в компьютерных играх, в неигровых процессах, в том числе для адаптации персонала, развития сотрудников, управления карьерой и т.д.

Технология геймификации включает в себя использование следующих основных игровых методов:

1. Ролевая игра
2. Деловая игра
3. Бизнес-квест
4. Инновационные игры
5. Ансамблевые игры
6. Обучение на симуляторе
7. Метафорическая игра

Геймификация является прогрессирующим методом в области управления персоналом, который способен коренным образом изменить систему адаптации персонала, придя на смену устаревшим методикам воздействия на сотрудников. Большинство сотрудники, которые сегодня устраиваются на работу в организации, относятся к новым поколениям. Это люди привыкшие к цифровым технологиям, социальным сетям, в большинстве ─ индивидуалисты. Применение геймификации для представителей данного поколения наиболее эффективно, так как именно игровые технологии могут вовлечь такой персонал в трудовой процесс.

Gamification in the adaptation of the personnel in the aerospace industry

Muradova N.M., Fedotova M.A.
MAI, Moscow

To date, one of the important elements of personnel work of any organization is the process of formation of the current system of personnel adaptation. This is due to the fact that for each person a new workplace ─ this is a kind of stress, he has to get used to the new rules, get acquainted and get used to unknown people, study behavioral norms and rules of the organization. In order to reduce the adaptation process and help the employee to start working with maximum efficiency as soon as possible, the company's management should pay attention to such a serious procedure as adaptation.

The process of adaptation of a new employee should be clear, exciting and structured, as it is designed to facilitate the work of HR and Manager, while providing a comfortable environment for a beginner. This task is solved by gamification, which involves employees and promotes better and faster assimilation of new material.

Gamification is the application of gaming approaches widely used in computer games, non-gaming processes, including staff adaptation, employee development, career management, etc.

Gamification technology includes the use of the following basic gaming methods:

1. Role play
2. Business game
3. Business quest
4. Innovative game
5. Ensemble games
6. Training on the simulator
7. Metaphorical game

Gamification is a progressive method in the field of personnel management, which is able to radically change the system of staff adaptation, replacing outdated methods of impact on employees. Most of the employees who are now employed in the organization belong to new generations. These are people who are accustomed to digital technologies, social networks, in the majority ─ individualists. The use of gamification for the representatives of this generation is the most effective, since it is game technology that can involve such personnel in the labor process.

Инновационные технологии подготовки специалистов профессионально-ориентированному английскому языку в области экономики и менеджмента для предприятий аэрокосмического комплекса

Неверова Н.В., Рыбакова Л.В., Шаройко Е.А.
МАИ, г. Москва

В ходе работы обоснована актуальность исследования процессов развития и формирования профессиональной компетентности студентов технических высших учебных заведений в контексте ориентации на изучения английского языка. Авторами отмечается, что на основе профессионально-ориентированного подхода к обучению иностранных языков, который предусматривает формирование у студентов способности иноязычного общения в конкретных профессиональных, деловых, научных сферах и ситуациях с учетом особенностей профессионального мышления, педагоги в симбиозе с мотивацией и усилиями студентов могут полноценно формировать единый стандарт компетенции для специалистов отдельных сфер хозяйственной деятельности. Авторами обращается внимание на существование проблемы, с которыми сталкиваются студенты технических вузов при изучении иностранного языка, а также на необходимость применения ориентации на активное развивающее обучение и партнерство «преподаватель-обучающийся». Цель статьи – выявить особенности обучения профессионально-ориентированному английскому языку студентов в области экономики и менеджмента для аэрокосмических предприятий. Задача – проанализировать инновационные технологии других ученых, которые занимались проблемой обучения английскому языку студентов неязыковых специальностей, раскрыть суть специфики

этого обучения. Проблеме обучения иностранному языку студентов и учащихся посвящено много работ различных ученых, среди которых: Артюшина Г.Г., Шейпак О.А., Друцко Н.А., Иваненко Т.И., Ишмурадова А.М., Дердизова Ф.В., Молчанова Т.В., Чистякова В.В., Гончаров А.Е., МакДжинлей А.М. и пр. Владение английским языком необходимо для современного квалифицированного специалиста не только гуманитарного профиля, что уже общепризнано, но и технического. И потребность в квалифицированных специалистах технического профиля, которые на должном уровне владеют английским языком, постоянно растет, особенно в аэрокосмической промышленности.

Innovative Technologies of Preparing Specialists for the Specialist-Oriented English Language in the Sphere of Economics and Management for the Aerospace Companies

Neverova N.V., Rybakova L.V., Sharoyko Y.A.
MAI, Moscow

In the course of the work, the relevance of the study of the processes of development and formation of professional competence of students of technical higher educational institutions in the context of the orientation toward learning English is justified. The author notest hat on the basis of a professionally oriented approach to the teaching of foreign languages, which provides for the formation of the ability of students to communicate in specific professional, business, scientific spheres and situations taking into account the peculiarities of professional thinking, teachers in a symbiosis with the motivation and efforts of students can fully form a single standard of competence for specialists in certain spheres of economic activity. The author draws attention to the existence of the problem that students of technical universities face when studying a foreign language, as well as the need to apply the orientation to active developmental learning and the "teacher-learner" partnership. The goal of the article is to discover the peculiarities of teaching the professional-oriented English language in the sphere of economics and management for airspace companies. The objective is to analyse the innovative technologies of other scientists, who have been dealing with the problem of teaching English to the students of non-linguistic professions, to display the major specifics of such teaching. Many works of various scientists are dedicated to the problem of teaching students; among which there are the works by Artjushina G.G., Sheipak O.A., Drutsko N.A., Ivanenko T.I., Ishmuradova A.M., Derdisova F.V., Molchanova T.V., Chistyakova V.V., Goncharov A.E., McGinlay A.M., etc. The knowledge of the English language is necessary for a modern qualified specialist not only in the sphere of humanities, that is already well-known, but also in the sphere of science. And the need in qualified specialist in science is always growing, especially in the sphere of airspace industry.

Из опыта повышения качества выполнения студентами тестовых заданий по иностранному языку для студентов экономических специальностей

Никольская Е.Э., Шелудько Л.Н., Иванова Г.А.
МАИ, г. Москва

Практика использования тестовых заданий прочно вошла в методики преподавания иностранных языков. Тестовые задания разнообразны и служат различным целям. Они могут использоваться для проверки запоминания лексического минимума и для усвоения различных грамматических аспектов. Тесты могут иметь разные назначения: проверка усвоения и закрепления только что полученных знаний или контроль запоминания больших массивов учебного материала. Это – промежуточные или итоговые тесты, когда проверяется качество запоминания целого ряда изученных грамматических тем на длительный срок. В этом случае возникают определенные проблемы.

Так как такие тесты выполняются в середине или в конце семестров, то к моменту выбора ответов на задания ввиду различных обстоятельств (малое количество времени, отведенное на изучение темы, нечастое посещение занятий и т.д.) далеко не все студенты помнят требуемый для правильного выбора ответа материал или некоторые его особенности, что также влияет на положительный результат.

Мы решили исправить такую ситуацию, написав для студентов 1-го и 2-го курсов методические указания по выполнению тестовых заданий. В методических указаниях объясняется цель выполнения каждого задания тестов, пошагово указывается, что следует помнить или восстановить в памяти. В сжатой форме в указаниях дается необходимая информация по теме, помогающая правильно выполнить задание.

Студенты самостоятельно изучают методические указания, узнают какие грамматические аспекты содержит тот или иной тест и приступают к выполнению заданий.

В докладе мы приводим примеры заданий из тестов и соответствующие рекомендации по их выполнению из методических указаний.

Полученный опыт использования методических указаний к тестам, показал, что, являясь подробным руководством, направленным на быстрое восстановление необходимых знаний, а для некоторых студентов либо восстановление пробелов в своих знаниях, либо подтверждение, что знания сохранены и закреплены, эти указания успешно работают, сократив оценку «удовлетворительно», до минимума, соответственно увеличив количество оценок «хорошо» и «отлично».

From the experience of improving the quality of students' performance of test assignments in a foreign language for students of economic specialties

Nikolskaya E.E., Sheludko L.N., Ivanova G.A.
MAI, Moscow

The practice of using test tasks has firmly embedded in the methods of teaching foreign languages.

Test tasks are diverse and serve different purposes. They can be used to verify the memorization of lexical minimum and, more often, to test the assimilation of various grammatical aspects. Tests can have different purposes: the verification of assimilation and consolidation of newly acquired knowledge or the control of memorization of large arrays of educational material. These are intermediate or final tests when the quality of remembering a whole series of grammatical aspects studied for a long period is checked. In this case, there are certain problems to be solved.

Since such tests are performed in the middle or at the end of semesters, by the time of choosing the answers to assignments, in view of various circumstances (small amount of time devoted to studying a theme, infrequent attending classes, etc.), not all students remember what material is required for the correct choice of a response, or some of its features, which also affects the positive result.

We decided to correct this situation by writing methodical instructions for the first and second year students for the fulfillment of test tasks. The guidelines explain the purpose of each test task, step by step, indicating what should be remembered or restored in memory. In concise form, the instructions give the necessary information on a grammatical aspect, which helps to properly perform the task.

Students independently study the methodical instructions, learn what grammatical material this or that test contains and begin to perform tasks.

In the report we present some examples of the tasks from the tests and the corresponding recommendations for their implementation from the guidelines.

The experience gained in using methodological guidelines for test tasks has shown that, as a detailed guide aimed at the rapid restoration of necessary knowledge, and for some students, either the restoration of gaps in their knowledge or the confirmation that knowledge is preserved and fixed, these guidelines work successfully, reducing a "satisfactory" mark to a minimum, accordingly increasing the number of "good" and "excellent" marks.

Анализ системы воспитания молодёжи в контексте культурного развития личности

Новиков А.С., Просвирина Н.В.
МАИ, г. Москва

В настоящее время современная российская молодежь живет в мире, сложном по своему содержанию и тенденциям развития, происходят резкие изменения характера, темпа и ритма социально-экономических преобразований, предъявляющих к растущим людям жесткие требования. Поэтому в концепции обновления современного российского образования воспитание детей и молодежи рассматривается как один из основных приоритетов деятельности образовательных учреждений.

Анализ существующей системы образования с точки зрения личностно ориентированного подхода позволяет вскрыть имеющиеся недостатки и наметить пути их устранения. Следует подчеркнуть, что важное значение имеет воспитательное влияние всего учебного процесса, начиная с личности каждого преподавателя, его отношения к студентам; воспитывающее и развивающее значение условий учебы, быта и отдыха студентов, а также применяемых методов и средств обучения. Задача воспитания и развития личности каждого студента может успешно решаться при целенаправленной работе всего коллектива преподавателей, сотрудников, и студентов учебного заведения.

К принципам системы социально-культурного воспитания молодежи можно отнести: принцип гуманизма, демократизации, духовности, культуросообразности, патриотизма, конкурентоспособности, толерантности, индивидуальности, вариативности, эффективности социального взаимодействия. Они направлены на развитие социально активной, образованной, нравственно и физически здоровой личности в изменяющихся обстоятельствах жизнедеятельности общества.

Главным результатом эффективной реализации государственной молодежной политики должно стать: увеличение числа молодых людей, готовых постигать, мыслить и находить решение проблемам общества с учетом социальных, этических, культурных моментов, быть толерантным, нравственным, обязательным, быстро адаптироваться в коллективе, готовых трудиться в условиях конкуренции; улучшение социально-экономического положения молодежи Российской Федерации и увеличение степени ее вовлеченности в социально-экономическую жизнь страны.

Литература:

1. Казакова Е.О., Куликов С.П., Новиков С.В. Молодежная политика вузов: проблемы целеполагания и оценки результатов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2017. № 11. С. 35-39.

2. Просвирина Н.В., Тихонов А.И., Новиков С.В. «Воспитание студенческой молодёжи в контексте культурного развития личности» // Московский экономический журнал. 2018. № 3. С 52-62.

The analysis of an educational system of youth in the context of cultural development of the personality

Novikov A.S., Prosvirina N.B.
MAI, Moscow

Now the modern Russian youth lives in the world difficult on the content and tendencies of development, there are sharp changes of character, speed and a rhythm of the social and economic transformations imposing strict requirements to the growing people. Therefore in the concept of updating of modern Russian education education of children and youth is considered as one of the main priorities of activity of educational institutions.

The analysis of the existing education system from the point of view of personally focused approach allows to expose the available shortcomings and to plan ways of their elimination. It is necessary to emphasize that educational influence of all educational process, starting with the identity of each teacher, his attitude towards students is important; the bringing-up and developing value of conditions of study, life and rest of students and also the applied methods

and tutorials. The problem of education and development of the identity of each student can successfully be solved during the purposeful work of all group of teachers, employees, and students of educational institution.

Treat the principles of system of welfare education of youth: principle of humanity, democratization, spirituality, patriotism, competitiveness, tolerance, identity, variability, efficiency of social interaction. They are aimed at the development socially active, educated, is moral also physically healthy personality in the changing circumstances of activity of society.

The main result of effective realization of the state youth policy has to become: increase in number of the young people ready to comprehend, think and find the solution to problems of society taking into account the social, ethical, cultural moments to be tolerant, moral, obligatory, to adapt quickly in collective, ready to work in the conditions of the competition; improvement of economic and social situation of youth of the Russian Federation and increase in degree of her involvement into social and economic life of the country.

References:

1. Kazakova E.O., Kulikov S.P., Novikov S.V. Youth policy of higher education institutions: problems of goal-setting and assessment of results//Humanitarian, social and economic and social sciences. 2017. № 11. P. 35-39.

2. Prosvirina N.V., Tikhonov A.I., Novikov S.V. "Education of student's youth in the context of cultural development of the personality"//Moscow economic magazine. 2018. №3. P. 52-62.

Аутсорсинг, как способ снижения затрат в ОАО «РЖД»

[1]Олексенко А.П., [2]Ерёмина И.Е., [2]Дегтярёва В.В.

[1]МАИ, [2]МИИТ, г. Москва

В условиях, когда Россия все больше интегрируется в мировую экономику, для успешного развития компании ОАО «РЖД», роста ее конкурентоспособности и привлекательности для инвесторов остро стоят задачи повышения эффективности работы компании и снижения затрат, в том числе благодаря выводу непрофильных функций и процессов. Одним из способов решения этих задач является аутсорсинг.

Согласно Положению об использовании аутсорсинга филиалами ОАО «РЖД», аутсорсинг - способ оптимизации деятельности филиалов за счет концентрации усилий на осуществлении основных видов деятельности и передачи выполнения отдельных видов работ специализированным организациям на договорной основе с соответствующим сокращением персонала филиалов.

Использование аутсорсинга компанией может осуществляться только при наличии на рынке организаций, способных эффективно и качественно выполнять передаваемые им функции, которые реально будут снижать издержки компании и повышать качество предоставляемых услуг.

Порядок действий компаний ОАО «РЖД» определен в Положении об использовании аутсорсинга филиалами ОАО «РЖД». Перед передачей той или иной функции сторонней организации необходимо провести оценку экономической эффективности применения аутсорсинга. Такая оценка осуществляется с помощью Методики расчета экономической эффективности использования аутсорсинга путем сопоставления расходов ОАО «РЖД» на оплату услуг сторонней организации (аутсорсеру) и затрат ОАО «РЖД» на выполнение вспомогательной функции собственными силами. Принимается, что минимальный экономический эффект от использования аутсорсинга составляет 5-10 % от затрат ОАО «РЖД» на выполнение работ собственными силами.

Экономическая эффективность от использования аутсорсинга для определенного вида работ обеспечивается, если затраты ОАО "РЖД" на аутсорсинг меньше затрат ОАО «РЖД» на выполнение этого вида работ (услуг) собственными силами.

В результате всех проведённых расчетов, согласно данной методике, можно сделать вывод об эффективности применения аутсорсинга в ОАО «РЖД».

Сокращение затрат является мощным инструментом повышения рентабельности компании, и аутсорсинг в свою очередь позволяет не только сокращать издержки, но и

использовать новейшие управленческие и информационные технологии, позволяя организациям решать масштабные задачи и успешно развиваться.

Outsourcing as a way to reduce costs in JSC Russian Railways

[1]Oleksenko A.P., [2]Eremina I.E., [2]Degtyareva V.V.
[1]MAI, [2]MIIT, Moscow

In conditions when Russia is more and more integrated into world economy, for successful development of the JSC "Russian Railways" company, growth of its competitiveness and appeal to investors problems of increase in overall performance of the company and cost cutting, including thanks to a conclusion of non-core functions and processes are particularly acute. One of ways of the solution of these tasks is outsourcing.

According to the Provision on use of outsourcing by Russian Railway branches of JSC, outsourcing - a way of optimization of activity of branches due to concentration of efforts on implementation of primary activities and transfers of performance of separate types of works to the specialized organizations on a contractual basis with the corresponding reduction of staff of branches.

Use of outsourcing by the company can be carried out only in the presence in the market of the organizations capable effective and high-quality to perform the functions transferred to them which will really reduce costs of the company and to increase quality of the provided services.

Before transfer of this or that function of the third-party organization, it is necessary to carry out assessment of economic efficiency of application of outsourcing. Such assessment is carried out by means of the Method of calculation of economic efficiency of use of outsourcing by comparison of expenses of JSC "Russian Railways" on fee of the third-party organization (outsourcer) and costs of JSC "Russian Railways" of performance of support function by own forces.

The economic efficiency from use of outsourcing for a certain type of works is provided if expense of JSC "Russian Railways" is one outsourcing less than expenses JSC "Russian Railways" on performance of this type of works (services) by own forces.

As a result of all carried-out calculations, according to this technique, it is possible to draw a conclusion on efficiency of application of outsourcing in JSC "Russian Railways".

Reduction of expenses is the powerful instrument of increase in profitability of the company, and outsourcing in turn allows not only to reduce costs, but also to use the latest administrative and information technologies, allowing the organizations to solve major problems and to develop successfully.

Системы информатизации организаций как самостоятельный класс систем

Падалко С.Н.
МАИ, г. Москва

В докладе рассматриваются основные особенности систем информатизации организаций (СИО), осуществляющих жизненный цикл аэрокосмической техники. При этом СИО определяются как самостоятельный класс систем, на которые распространяются основные положения системной инженерии (системотехники), но имеющих свою предметную область и характерные для этого класса систем методы и инструменты реализации их собственного жизненного цикла. Основные характерные для СИО особенности представленные в докладе следующие.

СИО определяются как организационно-технические системы, основными компонентами которых являются: организационная система, компьютерная система и система документации. При этом система документации (нормативной, организационно-распорядительной, инструктирующей и др.) определяет функционирование организационной системы и для обеспечения целостности СИО должна быть тождественна алгоритмам функционирования компьютерной системы.

Проектирование СИО. Базируется на процессной методологии, которая позволяют сформировать информацию, достаточную для однозначного создания СИО в соответствии

с её замыслом. Достигнутый при этом уровень формализации проектной информации позволяет (пока в ограниченных случаях) «изготавливать» отдельные компоненты СИО автоматически. В первую очередь, документацию и элементы компьютерной системы.

Реализация СИО. Названные выше компоненты СИО реализуются на основе проектной информации следующим образом:

• Компьютерная компонента - создается на основе программных платформ, основу которых для аэрокосмических организаций составляют программные системы класса PDM и ERP;

• Документация - готовится на основе проектных данных с использованием CASE-систем;

• Персонал организационной системы – обучение и аттестация сотрудников в соответствии с их функциональными обязанностями, определенными в документации СИО, производится с использованием обучающих систем, интегрированных с программными платформами.

Поддержка СИО на этапе эксплуатации. Обеспечение работоспособности СИО содержит цикл работ, аналогичный работам по техническим системам. Особенности СИО отражены в рекомендациях, представленных, в частности, в библиотеке ITIL.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Informatization systems of organizations as an independent class of systems

Padalko S.N.
MAI, Moscow

The report considers the main features of informatization systems of organizations (ISO), carrying out the life cycle of aerospace technology. At the same time, ISO is defined as an independent class of systems, which are subject to the basic provisions of system engineering having their own subject area and characteristic for this class of systems methods and tools for implementing their own life cycle. The main characteristics of ISO presented in the report are as follows.

ISO is defined as organizational and technical systems, the main components of which are: organizational system, computer system and documentation system. The system of documentation (regulatory, organizational and administrative, instructing, etc.) determines the functioning of the organizational system and in order to ensure the integrity, ISO should be identical to the algorithms of the computer system.

The design of the ISO. It is based on the process methodology, which allows to generate information sufficient for the unambiguous creation of ISO in accordance with its design. The level of formalization of the project information achieved allows (so far in limited cases) the "production" of individual components of ISO automatically. First of all, the documentation and elements of the computer system.

The implementation of ISO. The above components of the ISO are implemented on the basis of project information as follows:

• Computer component - created on the basis of software platforms, the basis of which for aerospace organizations are software systems of PDM and ERP class;

• Documentation - prepared on the basis of project data using CASE systems;

• Organizational system personnel - training and certification of staff members in accordance with their functional responsibilities as defined in the ISO documentation is carried out using training systems integrated with software platforms.

Maintenance of ISO during operation. Ensuring the efficiency of the ISO includes a cycle of works similar to the works for technical systems. The features of ISO are reflected in the recommendations presented, in particular, in the ITIL library.

Общие и специфические факторы сопротивления инновациям

[1]Парфенова А.В., [2]Панина Т.С., [2]Ляпина С.Ю.
[1]МАИ, [2]МИИТ, г. Москва

Благодаря новым подходам к ведению бизнеса, компании способны генерировать более привлекательные для рынка идеи, но при этом достаточно сложно отказаться от закрытого типа инновационных процессов и провести изменения в бизнес-модели. Как показывают исследования, трудности осуществления инноваций присущи большинству нововведений (до 86% случаев, по опросу руководителей) [1].

Внутреннее сопротивление инновациям – это нежелание или полный отказ участвовать в этом процессе со стороны как руководителей, так и самих служащих [2]. Среди основных факторов внутреннего сопротивления можно выделить: особенности стиля управления и организационной культуры; уровень развития коммуникаций и системы сбора и анализа информации; профессиональную подготовку служащих; практику принятия решений руководством компании.

Внешнее сопротивление инновациям обусловлено тем, что любая организация осуществляет свою деятельность в окружении других субъектов рынка и испытывает воздействие с их стороны. Поставщики, потребители, посредники, общественные организации, конкуренты так или иначе влияют на деятельность компании. В период осуществления инноваций это влияние часто переходит в давление и сопротивление в силу того, что стратегические нововведения затрагивают все вышеназванные субъекты микросреды. Выделяют шесть групп рыночных субъектов, влияющих на эффективность осуществления инноваций: финансовые институты, средства массовой информации, образовательные учреждения, рынок трудовых ресурсов, государственные законодательные институты, деловые сообщества [2].

Следовательно, для того, чтобы процесс нейтрализации сопротивления произошел как можно благоприятнее, руководителями должны быть решены следующие задачи: организационная диагностика инновационного потенциала организации; создание эффективной системы сбора и обработки информации; создание долгосрочных связей со стейкхолдерами; внедрение системы коллективного принятия решений и коллективной ответственности [2].

Таким образом, для успешного преодоления сопротивлений нововведениям руководителям необходимо разработать стратегию по формированию инновационной организационной культуры и вовлечение в инновационные процессы внешних стейкхолдеров предприятия.

Литература:

1. Мастеров А. Основы инновационного менеджмента / А. Мастеров. – Волгоград: ФГБОУ ВПО «ВГАФК», 2012. – 16 с.

2. Барышева А.В. Инновационный менеджмент предприятия: Учебное пособие. / А.В. Барышева [и д.р.] – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2015. – 384 с.

General and specific factors of resistance to innovation

[1]Parfenova A.V., [2]Panina T.S., [2]Liapina S.Y.
[1]MAI, [2]MIIT, Moscow

Thanks to new approaches to doing business, companies are able to generate more attractive ideas for the market, but it is difficult to abandon the closed type of innovative processes and make changes in the business model. As research shows, the difficulties of implementing innovations are inherent in most innovations (up to 86% of cases, according to a survey of managers) [1].

Internal resistance to innovation is a reluctance or complete refusal to participate in this process on the part of both managers and employees themselves [2]. Among the main factors of internal resistance can be identified: the features of management style and organizational culture; level of development of communications and information collection and analysis system; training of employees; practice of decision-making by company management.

External resistance to innovation is due to the fact that any organization carries out its activities in the environment of other market participants and is affected by them. Suppliers, consumers, intermediaries, public organizations, competitors somehow influence the company's activities. During the period of innovation, this influence often turns into pressure and resistance due to the fact that strategic innovations affect all the above-mentioned subjects of the micro environment. There are six groups of market actors that affect the effectiveness of innovation: financial institutions, the media, educational institutions, the labor market, state legislative institutes, business communities [2].

Therefore, in order for the process of neutralizing resistance to occur as favorably as possible, the following tasks should be resolved by managers: organizational diagnostics of the organization's innovative potential; creation of an effective system of information collection and processing; creating long-term relationships with stakeholders; the introduction of a system of collective decision-making and collective responsibility [2].

Thus, to successfully overcome resistance to innovation, managers need to develop a strategy for the formation of an innovative organizational culture and involvement in the innovative processes of external stakeholders of the enterprise.

References:

1. Masters A. Fundamentals of Innovation Management. Volgograd. FGBOU VPO "VGAFK", 2012. 16 p.

2. Barysheva A.V. Innovative management of the enterprise. Tutorial. Moscow. Publishing and trading corporation "Dashkov and Co" Publ., 2015. - 384 p.

Исследование вопросов оценки финансовых рисков предприятий авиационной отрасли

Паршина П.В., Бурдина А.А.
МАИ, г. Москва

Предприятия авиационной промышленности классифицируются как инвестиции с высоким риском, поскольку они связаны с внедрением, разработкой и вводом в эксплуатацию инновационных продуктов. Каждый год авиационная промышленность разрабатывает большое количество проектов, требующих финансирования. Инвесторами для таких предприятий являются: бюджетные средства, банки, венчурные фонды, социальные фонды и так далее. Но, к сожалению, фактор остановки для них - это именно наличие инноваций, так как гарантия результата НИОКР не всегда высока.

Для инвестора важны только те риски, которые фактически приводят к потере или уменьшению суммы запланированных прибылей или доходов. Расходы на НИОКР, несомненно, являются одним из компонентов развития предприятий авиационной промышленности, но чаще всего руководители компаний предпочитают идти по пути постепенного улучшения своей продукции, а координация изменений очень осторожна, поскольку результат еще не завершен определяется.

Контроль за финансовой деятельностью предприятий в целом осуществляется банками, а именно Департаментом финансового мониторинга. Его основная задача - наблюдать и собирать информацию о деятельности (деятельности) своих клиентов. В связи с тем, что большая часть денег для реализации крупномасштабных проектов выделяется из государственного бюджета или берется в кредит (кредит) в крупных банках, деньги должны контролироваться за деньги, т. Е. На счета юридических лиц.

Законодательной основой, на которой базируются все действия этого отдела, является Федеральный закон от 07.08.2001 № 115-ФЗ о противодействии отмыванию (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма. В этом законе излагаются основные условия и основные положения, которыми руководствуются сотрудники руководства, когда они осуществляют контроль над деятельностью юридического лица. Если какая-либо незаконная операция по отмыванию / пересылке / обналичиванию денег идентифицируется этим юридическим лицом, государственные

органы для мониторинга финансового мониторинга связаны, и меры, предусмотренные законом, передаются юридическому лицу.

Таким образом, существует проблема обоснования использования средств, выделяемых государством и другими инвесторами в больших объемах, направленных на НИОКР, инновационные материалы, комплектующие, для финансирования значимых для системы проектов предприятий авиационной промышленности.

Investigation of issues of assessing the financial risks of aviation industry enterprises

Parshina P.V., Burdina A.A.
MAI, Moscow

Aviation industry enterprises are classified as high-risk investments, as they are associated with the introduction, development and commissioning of innovative products. Every year the aviation industry develops a large number of projects that require financing. Investors for such enterprises are: budgetary funds, banks, venture funds, social funds and so on. But, unfortunately, the stopping factor for them is precisely the availability of innovations, as the guarantee of the result of R & D is not always high.

For investors, only those risks that actually lead to the loss or reduction of the amount of planned profits or revenues are important. Expenses for R & D are undoubtedly one of the components of the development of aviation industry enterprises, but most often company managers prefer to follow the path of gradual improvement of their products, and the coordination of changes is very cautious, since the result is not yet finalized.

Control over the financial activities of enterprises in general is carried out by banks, namely the Financial Monitoring Department. Its main task is to observe and collect information about the activities (activities) of its customers. Due to the fact that most of the money for the implementation of large-scale projects is allocated from the state budget or taken on credit (credit) in large banks, the money should be monitored for money, i.e., to the accounts of legal entities.

The legislative basis on which all actions of this department are based is Federal Law No. 115-FZ of 07.08.2001 on combating money laundering and financing of terrorism. This law sets out the main conditions and the main provisions governing the employees of the management when they exercise control over the activities of a legal entity. If any illegal money laundering / transfer / cashing operation is identified by this legal entity, the state authorities for monitoring financial monitoring are related, and the measures provided by law are transferred to the legal entity.

Thus, there is a problem of justifying the use of funds allocated by the state and other investors in large amounts directed to R & D, innovative materials, components, to finance projects of the aviation industry enterprises that are significant for the system of projects.

Оценка риска рынка труда в ракетно-космической отрасли

Перепечкин М.Е., Краев В.М.
МАИ, г. Москва

Ракетно-космическая отрасль – часть оборонно-промышленного комплекса страны, специализирующаяся на научной разработке и производстве ракетного оружия, космической технике, обеспечении ими Вооружённых сил и других вооружённых формирований государства. Автор в своей статье показывает какие факторы наиболее влияют на рынок труда в отрасли в целом, какие профессии являются уникальными и почему специалистов этих профессий так боятся потерять.

Большое количество факторов влияет на рынок труда – в первую очередь экономический и репутационный. Автор провёл опрос сотрудников отдела подбора персонала одного из заводов отрасли и выяснил, что 1/3 персонала завода может сменить место работы, не только из-за более высокой зарплаты, но и из-за репутации самого предприятия. Также на рынок труда влияют такие факторы как географический. Свежим примером будет один из заводов по производству авиационных двигателей в Москве,

который перенёс все производство в Воронеж. Часть высококвалифицированных специалистов не смогли поменять место жительство – рынок труда пополнился.

Автор выяснил, что в отрасли есть большая часть специалистов, которых не так просто найти. На рынке отсутствуют такие специалисты как: токари-расточники, слесарь-сборщик изделий точной механики, инженер-исследователь по баллистике и, по динамике, по управлению движением космических аппаратов и другие. Во многом из-за отсутствия направлений по обучению таких специалистов. Также влияет низкая заработная плата не только в регионах, но и в Москве и МО. Но существует, и проблема со стороны заводов. Так, выяснил автор, на одно из предприятий было закуплено иностранное оборудование, на котором в России не только не обучают, но и никогда не работали и специалистов, которые смогли бы работать на данном оборудовании просто нет.

В ближайшие 10-15 лет необходимо поставить цель на дальнейшее развитие отрасли, на развитие образования для отрасли. Необходимо перестроить отрасль таким образом, чтобы зарплата сотрудников была не меньше, а то и больше зарплат в коммерческой сфере. Очень важно создать все условия для работы сотрудников на предприятиях, заводах. Только так мы сможем добиться прогресса в ракетно-космической отрасли, внедрить новшества в подбор и найм персонала и обеспечивать предприятия высококвалифицированными кадрами.

Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

Risk assessment of the labor market in the rocket and space industry

Perepechkin M.E., Kraev V.M.
MAI, Moscow

The rocket and space industry is a part of the country's defense and industrial complex, specializing in the scientific development and production of rocket weapons, space technology, providing them with the Armed Forces and other armed formations of the state. The author in his article shows which factors most influence the labor market in the industry as a whole, which trades are unique and why the professionals of these professions are so afraid of losing.

A large number of factors affect the labor market, primarily economic and reputation. The author conducted a survey of employees of the personnel selection department of one of the plant's factories and found out that 1/3 of the plant personnel can change jobs, not only because of higher wages, but also because of the reputation of the enterprise itself. Also on the labor market are factors such as geographical. A fresh example would be one of the plants for the production of aircraft engines in Moscow, which transferred all production to Voronezh. Some of the highly qualified specialists could not change their place of residence - the labor market was replenished.

The author found out that there are a lot of specialists in the industry who are not easy to find. There are no such specialists in the market as turners, bakers, fitters of precision mechanics, engineer-researcher in ballistics and, in dynamics, in controlling the movement of space vehicles and others. In many respects because of the lack of directions for training such specialists. Low wages are also affecting not only in the regions, but also in Moscow and the Moscow Region. But there is, and the problem is with the factories. So, the author explained, one of the enterprises bought foreign equipment, in which not only Russia is not trained, but never worked, and experts who could work on this equipment simply do not.

In the next 10-15 years, it is necessary to set a goal for further development of the industry, for the development of education for the industry. It is necessary to rebuild the industry in such a way that the salary of employees was not less, or even more salaries in the commercial sphere. It is very important to create all conditions for the work of employees in enterprises, factories. Only in this way we will be able to make progress in the rocket and space industry, introduce innovations in the recruitment and hiring of personnel and provide enterprises with highly qualified personnel.

Исследование критериев конкурентоспособности коммерческих предложений на рынке пассажирских авиаперевозок

Перкова Е.П., Почестнев А.А.
МАИ, г. Москва

На сегодняшний день политика государства концентрируется на развитии РФ и её регионов, что предполагает развитие общественного производства, культурного обмена, рекреации населения, а также международных отношений. Данное обстоятельство будет провоцировать активные перемещения людей. В связи с этим важно обеспечить развитие транспортной системы. В настоящее время большую долю рынка занимают пассажирские авиаперевозки. С приходом интернациональных игроков на внутренний рынок авиационных перевозок РФ национальные авиакомпании оказываются в ситуации давления (отечественные авиакомпании занимают только 18,0% отечественного рынка).

В сложившейся ситуации российским авиакомпаниям требуется пересмотреть маркетинговые механизмы для захвата новых рыночных ниш и повышения конкурентоспособности коммерческих предложений.

В настоящее время пассажиры РФ предпочитают пользоваться услугами иностранных авиакомпаний. Объектом исследования являлись коммерческие предложения ведущих авиаперевозчиков на международном направлении, предметом - их конкурентоспособность. Цель исследования – обнаружение критериев привлекательности коммерческих предложений и определение их «проблемных зон».

В качестве данных для анализа были использованы отзывы клиентов РФ, размещенные в сети Internet. Основным методом исследования выступил структурно-функциональный анализ коммерческих предложений, предполагающий разделение рынка на сегменты. Для определения согласованности мнений пассажиров использовался коэффициент конкордации Кендала. Оценка различий выраженности критериев осуществлялась методом однофакторного дисперсионного анализа.

На основании результатов выяснилось, что наиболее важными характеристиками для пассажиров являются: «цена» и «маршрутные сети». На втором месте по важности: «безопасность» и «качество обслуживания». Пассажиры ориентируются в своем выборе на эконом-классы. В категории бизнес-класса по ценовому критерию проигрывают: на ближнемагистральном направлении «Аэрофлот» и «Россия», на дальнемагистральном – «Air France» и «Singapore Airlines». В категории эконом-класса по ближнее и дальнемагистральным направлениям проигрывают «Аэрофлот» и «Air France». Неудовлетворённость клиентов предложениями отечественных компаний связана с неэффективной организацией наземного обслуживания пассажиров.

В результате проведенного исследования были сформулированы рекомендации по совершенствованию текущих коммерческих предложений отечественных авиакомпаний.

Criteria for competitiveness of commercial offers for passenger air transportation

Perkova E.P., Pochestnev A.A.
MAI, Moscow

At the present time the state policy is focused on the development of the Russian Federation and its regions, which implies the development of social production, cultural exchange, recreation of the population, international relations. This invites people to move. In this regard, it is important to ensure the development of the transport system. Currently, a large share of the market is occupied by passenger air transportation. With the arrival of international actors on the Russian air transportation market, national airlines are in a situation of pressure (domestic airlines keep only 18.0% of the domestic market).

In this situation, Russian airlines are required to revise marketing mechanisms to occupy new markets and increase the competitiveness of commercial offers.

At present, Russian passengers prefer to use the services of foreign airlines. The object was the commercial offers of the leading airlines on the international route, the subject being their

competitiveness. The main idea of the study is to find criteria for selecting a commercial offer and to identification their "problem areas".

As data for the analysis, we used Internet feedback from Russian clients. The main method of research was the structural analysis of commercial proposals, dividing the market into segments. To determine the consistency of the opinions of passengers, the Kendal concordance coefficient was used. Evaluation of differences of opinions was carried out by the method of one-way analysis of variance.

Based on the results it was found out that the most important characteristics for passengers are: "price" and "route networks". "Security" and "quality of service." hold the second position in importance. Passengers choose economy classes.

Aeroflot loses by the price criterion to competitors in the category of business class of the short-haul direction, Air France and Singapore Airlines loses by the price criterion to competitors in the category of business class on the long-haul route. "Aeroflot" and "Air France" are lost their position in the category of economy class of the short-haul and long-haul direction. The dissatisfaction of customers with the proposals of domestic companies is associated with the inefficient organization of ground handling of passengers.

As a result of the study, recommendations containing proposals to improve current commercial proposals for domestic airlines were made.

Планирование затрат в цепи поставок авиационных комплектующих

Перушкин С.И., Суркова Е.В.
МАИ, г. Москва

Минимизация логистических затрат, т.е. затрат на выполнение логистических операций является главной целью планирования и управления цепью поставок. Рассматривая цепь поставок, следует вести речь о логистических затратах, которые представляют собой совокупность затрат, связанных с управлением и перемещением материальных и связанных с ними информационных, финансовых потоков по всей цепи поставок, включая поддержание необходимых запасов материальных ресурсов и готовой продукции.

На начальном этапе исследования проводился анализ планирования совокупных логистических затрат в цепи поставок. Основной концепцией являлась «цепь издержек», определяющая работы, функции и процессы, которые должны быть осуществлены, начиная с закупки сырьевых материалов, изготовления деталей и узлов, их сборки, оптовом распределении и заканчивая продажей конечному потребителю готовой продукции. Таким образом, была выстроена цепочка формирования издержек.

Были выделены основополагающие принципы планирования затрат, а также типологические признаки затрат в цепи поставок. Таким образом, возникла потребность в моделировании затрат. Была разработана модель аккумулирования логистических расходов для целей составления плана затрат. Предложена форма плана цепи поставок.

При моделировании затрат применялся метод линейного программирования. Расчетные таблицы приведены в Excel. Результатом работы является модель планирования затрат в цепи поставок, а также инструмент и методология для оценки возможности снижения затрат одной логистической операции при том же уровне логистического сервиса; увеличения уровня логистического сервиса без увеличения затрат.

Cost planning in the supply chain of aircraft components

Perushkin S.I., Surkova E.V.
MAI, Moscow

Minimization of logistical costs, i.e. the costs of performing logistical operations, is the main goal of planning and management in the supply chain. While considering the supply chain, we should refer to logistical costs that represent a set of costs associated with management and displacement of material and related to them informational or financial flows in the whole supply chain, including the maintenance of proper stock levels of material resources and finished goods.

On the initial phase of the research an analysis of planning of aggregated logistical costs in the supply chain was held. The main concept was a “chain of costs” which defines the work, functions and processes, that must be performed, starting from purchasing of raw materials, manufacturing of components and units, an assembly, distributorship and finishing with selling to the final consumer of produced goods. In such a way the chain of cost-generation was built.

The essential principles of cost planning and typological signs of costs in the supply chain have been allocated. Therefore, cost modeling became necessary. In that regard, the model of logistical costs accumulation was developed in order to prepare a cost plan. The form of supply chain plan was suggested.

During the process of cost modeling the method of linear programming was applied. Estimated tables are given in Excel. The result of the study is the model of cost planning in the supply chain as well as the instrument and the methodology for the evaluation of the possibility of lowering of the single logistical operation for the same level of logistical service; increasing the level of logistical service without an increase in costs.

Социально-психологический климат на предприятиях аэрокосмической отрасли

Печко А.А.
МАИ, г. Москва

Социально-психологический климат является неотъемлемой частью любого коллектива, так как он определяет общий настрой группы друг к другу и работе в организации. В любой сфере, в том числе аэрокосмической, социально-психологический климат может оказывать, как положительное, так и негативное воздействие на рабочий процесс. При высоком показателе социально-психологический климат наблюдается увеличение продуктивности, высокая сплоченность коллектива, синергия, высокий уровень профессиональной подготовки. При низких показателях имеются тенденции к возникновению конфликтов, стресса, снижения эффективности, нарушения рабочего режима.

Методы управления социально-психологическим климатом представляют собой способы и приемы воздействия на процесс формирования и развития коллектива, на социальные процессы протекающие

внутри него. Методы управления социально-психологическим климатом отличаются мотивационным характерами, которые определяют направление воздействия.

Сам уровень социально-психологического климата можно выявить посредством наблюдения за сотрудниками, этим может заняться HR-специалист, либо руководитель. Для более детального анализа проводится опрос сотрудников, где им будут заданы вопросы, разработанные специально для выявления «слабых сторон» в коллективе, которые негативно оказывают влияние на работу сотрудников организации.

Существует множество факторов, которые влияют на климат в коллективе. Они могут иметь отклонения от нормы как вместе, так и по отдельности, и могут привести к негативным последствиям на рабочем месте. К ним относятся служебно-функциональные факторы, в которые входят условия труда и оборудование рабочих мест, организация, распределение трудовых обязанностей, а так же длительность рабочего времени и времени отдыха; санитарно-гигиенические условия труда; правовые факторы; управленческие факторы (стиль руководства), факторы профессионально-квалификационной характеристики персонала, экономические и психологические факторы.

Заключение:

Любые факторы социально-психологического климата оказывают влияние на рабочий процесс, поэтому необходимо обращать внимание на любые ситуации происходящие в организации. Именно умение своевременно учитывать любые возможные мотивы и потребности работников помогают правильно регулировать социально-психологический климат в коллективе, чтобы предотвратить возникающие негативные ситуации.

Socio-psychological climate at enterprises of the aerospace industry

Pechko A.A.
MAI, Moscow

Socio-psychological climate is an integral part of any staff, because it defines common relations within a work team and attitude towards work within an organization in general. In any sphere, including the aerospace, socio-psychological climate can have a positive and negative impact on workflow. The high index of socio-psychological climate results in increase of productiveness, close-knit relationship within a work team, synergy and high level of professional training. Vice versa, the low index can cause conflicts, stress, decrease in efficiency and infringement of working process.

Methods of socio psychological climate management are expressed in forms of means and ways of influencing the formation and development of working team and the processes within it.

Methods of socio psychological climate management diversify by their motivational characters which define the line of influence

The level of socio-psychological climate can be identified by monitoring employees, and this action can be carried out by a HR-specialist or a manager. For more detailed analysis a specialist can conduct an employee survey, composed from questions, aiming to determine the weaknesses of a staff, which can influence negatively on the workflow of an organization.

There are many factors that influence climate within a staff. They can deviate from the standard jointly or separately, and can lead to negative consequences on the workplace. These factors are considered to be the following: service-functional factors that include working conditions, workplace equipment, organization and distribution of working responsibilities, and also duration of working and leisure time; hygienic working conditions; legal factors; management factors (leadership style); factors of employees' professional qualifications; economic and psychological factors.

Conclusion:

Any factors of socio-psychological climate have impact on the workflow, and therefore it is necessary to pay attention to all situations, taking place within an organization. It is the skill of timely consideration of employees' motivation and needs that helps to correctly adjust socio-psychological climate within a work team in a bid to avoid emerging negative situations.

Логистический контроллинг в управлении предприятием авиакосмической отрасли

Полищук Н.В.
МАИ, г. Москва

Целью данной работы являлось изучение прикладного значения логистического контроллинга как интегрирующей функции логистики и контроллинга на авиакосмическом предприятии, на примере ПАО «Туполев», изучение роли логистического контроллинга в стратегическом и оператив-ном управлении авиакосмическим предприятием, как логистической систе-мой с целью потоками (материальными, финансовыми, информационны-ми).

Отечественные авиационные производители уступают своим иностранным конкурентам в длительности жизненного цикла воздушного судна в связи с отсутствием развитой сети центров материально-технического обеспечения, неразвитой системы интегрированной логистической поддержки и отсутствием поддержки заказчика в режиме 24/365.

В ходе исследования были выявлены проблемы:

• Учета и оптимизации логистических расходов, связанных с производством и обслуживание воздушного судна;

• Использования логистического контроллинга в области инструмента стратегического и оперативного управления предприятием с целью повышения его конкурентоспособности;

• Длительности жизненного цикла воздушного судна в связи с незавершённостью его послепродажного обслуживания.

Использование логистического контроллинга в управлении авиакосмическим предприятием связано в первую очередь с эволюцией процесса управления под влиянием научно-технического прогресса, во вторую очередь со сложностью производственных процессов на авиакосмическом предприятии, в т.ч. и сложностью процесса послепродажного обслуживания, в третью очередь постоянно растущей требовательность участников рыночных отношений.

Использование прикладных инструментов логистического контроллинга позволит менеджменту авиакосмического предприятия обеспечить уверенное управление за счет своевременной выработки оперативных логистико-контроллинговых решений в разрезе снабжения, производства и сбыта и стратегических логистико-контроллинговых решений таких как формирование бюджета, товарной политики, анализ узких мест, инвестиций, инноваций.

Logistic controlling in enterprise management aerospace industry

Polishchuk N.V.
MAI, Moscow

The purpose of this work was to study the application value of logistic controlling as an integrating function of logistics and control at an aerospace enterprise, using the example of PJSC "Tupolev", studying the role of logistic controlling in the strategic and operational management of an aerospace enterprise, as a logistics system with the purpose of flows (material, financial, informational).

Domestic aviation manufacturers are inferior to their foreign competitors in the life cycle of the aircraft due to the lack of a developed network of logistics centers, an undeveloped system of integrated logistics support and lack of customer support in the 24/365 mode.

The study identified the following problems:

• Accounting and optimization of logistics costs associated with the production and maintenance of aircraft;

• Use of logistic controlling in the field of strategic and operational management of an enterprise to increase its competitiveness;

• Duration of the life cycle of the aircraft due to incompleteness of its after-sales service.

The use of logistic controlling in the management of an aerospace enterprise is primarily due to the evolution of the management process under the influence of scientific and technological progress, secondarily to the complexity of production processes at the aerospace enterprise, including. and the complexity of the after-sales service process, in the third place, the ever-increasing demands of market participants.

The use of applied logistic controlling tools will allow the management of the aerospace enterprise to ensure reliable management through the timely development of operational logistics and controlling solutions in the context of supply, production and marketing and strategic logistics and controlling solutions such as budgeting, commodity policy, bottleneck analysis, investment, innovation.

Мониторинг динамики и прогнозирования цен на шеелитовый вольфрамовый концентрат

Потак А.Г.
МАИ, г. Москва

В настоящее время научно-технический и производственный потенциал авиастроения создает возможность для развития многих связанных отраслей промышленности, таких как, электротехническая, радиотехническая, металлургическая, формируя тем самым предпосылки для экономического подъема страны.

Современная авиационная промышленность РФ способна производить высококачественную и надёжную авиационную продукцию с многочисленными конкурентными преимуществами, но для этого нужна хорошо развитая сырьевая база.

Актуальность проведения мониторинга динамики и прогнозирования цен на рынке вольфрамового концентрата заключается в необходимости исследования металлургического и рудно-сырьевой комплекса страны, поскольку именно он обеспечивает производителей авиатехники необходимым сырьём для выпуска комплектующих, узлов и агрегатов будущих самолётов. Целью данного исследования было оценить рынок шеелитового вольфрамового концентрата.

В ходе исследования был осуществлён мониторинг цен на вольфрамовый концентрат марки КШ-4 (концентрат шеелитовый четвертого сорта) в рамках антимонопольного регулирования и проведено исследование рынка производителей, потребителей данного концентрата.

Предварительная оценка конкурентной среды, а также сопоставление и анализ количественных и качественных показателей, позволяют дать краткую характеристику рынка:

• Числовые значения коэффициента CR5 и индекса HHI указывают на то, что рынок вольфрамового концентрата является умеренноконцентрированным рынком;

• Данный рынок характеризуется необходимостью осуществления значительных капитальных вложений при длительных сроках окупаемости этих вложений;

• Рынок вольфрамового концентрата представлен небольшим числом хозяйствующих субъектов, как производителей сырья, так и покупателей готовой продукции.

Результатом данного исследования является ретроспективный анализ динамики и прогноз цен отечественных и зарубежных производителей вольфрамового концентрата, сводное графическое представление аналитических данных, а также аналитическое заключение, которое в полной мере отражает текущие позиции данной продукции на рынке и может использоваться, как в рамках антимонопольного регулирования, так и производителями, потребителями шеелитового вольфрамового концентрата.

Monitoring of dynamics and price forecasts for scheelite tungsten concentrate

Potak A.G.
MAI, Moscow

Nowadays, scientific, technical and production potential of aircraft construction creates opportunities for the development of many related industries, such as electrotechnical industry, radio engineering, and metallurgy, thus creating prerequisites for the economic recovery of the country.

Modern aviation industry in Russia is capable of producing high-quality and reliable aviation products with numerous competitive advantages, requiring, however, a well-developed raw materials base.

The relevance of monitoring dynamics and price forecasts of the tungsten concentrate market is preconditioned by the necessity of studying metallurgical and ore-and-raw complexes of the country, since it provides aircraft manufacturers with the required raw materials to produce components, units and assemblies of future aircrafts. The purpose of this study was to assess the market of scheelite tungsten concentrate.

In the course of this work, prices for tungsten concentrate KSh-4 (scheelite concentrate of grade 4) were monitored within the framework of antimonopoly regulation and a marketing study of producers and consumers of this concentrate was conducted.

Preliminary assessment of the competitive environment, as well as comparison and analysis of quantitative and qualitative indicators, allow a brief description of the market:

• The numerical values of the coefficient of CR5 and the index of HHI indicate that the market for tungsten concentrate is a moderately concentrated market;

• This market is characterized by the need to make significant capital investments with long payback periods;

• The market of tungsten concentrate is represented by a small number of economic entities, both producers of raw materials and buyers of finished products.

The result of this study is a retrospective analysis of dynamics and price forecasts for domestic and foreign producers of tungsten concentrate, an overall graphical representation of analytical data, and an analytical conclusion which fully reflects the current positions of this product on the market and can be used within the framework of antimonopoly regulation as well as by producers and consumers of scheelite tungsten concentrate.

Имидж российских летчиков в зарубежных СМИ

Прокопенко А.Д., Питиримова В.В., Прищепова Д.С.
МАИ, г. Москва

В связи с последними событиями в Сирии и участием российских летчиков в борьбе с терроризмом, нами было проведено исследование, целью которого стало выявление особенностей восприятия имиджа российских летчиков в глазах мирового сообщества, на примере имиджа российских летчиков Олега Пешкова и Романа Филиппова.

Для выработки обобщённого образа российского летчика и выявления наиболее узнаваемых черт в мировом сообществе, был рассмотрен персональный имидж отечественных летчиков по трёхлучевой модели имиджа типа «личность – деятельность – отношения». Для этого был использован биографический метод исследования личности, проведён мониторинг информационных материалов, опубликованных в сети Интернет за период с 01.09.2015 года по 17.02.2018 год. В ходе проведённого анализа СМИ были получены следующие результаты: по запросу «российские летчики в Сирии» показано 47 000 000 результатов, по запросу «Роман Филиппов летчик» — 60 000 000 результатов, по запросу «Олег Пешков летчик» — 17 000 000 результатов. В публикациях приводились биографические данные, сведения об участии в военных операциях, обсуждались личные качества.

Запросы вводились в поисковую систему Yahoo на английском языке. Для мониторинга СМИ были выбраны следующие новостные Интернет-порталы: Dailymail.co.uk («Children of Russian pilot shot down and killed by Turkish jet 'are hoping he is still alive», О. Пешков), Express.co.uk («More than 10,000 Russians attend funeral of pilot shot down by Turkey», О.Пешков), Russian.rt.com («Pilot of downed Russian Su-25 in Syria died fighting on the ground», Р.Филлипов) и информационно-новостная страница в Twitter InTheNow (видео-комментарий ветерана ВВС США о гибели Р.Филиппова). При анализе оказалось, что статьи и большинство комментариев к ним носят положительный характер.

По итогам мониторинга, в соответствии с трёхлучевой моделью, были выявлены следующие особенности восприятия имиджа летчиков:

• Личность характеризуется выносливостью, целеустремлённостью, самоотдачей, упорством, профессионализмом, скоростью реакции, нестандартным мышлением, психологической устойчивостью, патриотизмом, силой воли, лидерством, смелостью, крепким здоровьем;

• Деятельность связана со сложной подготовкой, быстрым принятием решений в экстремальных ситуациях, беспрекословным подчинением приказам;

• Отношения характеризуются способностью ведения активной общественной жизни, поддержанием товарищеских, доброжелательных отношений с коллегами.

Russian pilots' image in international media

Prokopenko A.D., Pitirimova V.V., Prischepova D.S.
MAI, Moscow

The research has been done because of the last events in Syria and the Russian pilots' participation at the fight against the terrorism. The research goal was to identify the image features of Russian pilots on the international scene from the example of Oleg Peshkov and Roman Filippov.

In order to develop the general image of russian pilots and identify the most recognizable features of them, we have used the threebeam model such as «personality-activity-relationship». For that point, the biographical personal method research and Internet media monitoring (from the period of 3 years) were used. The media monitoring has shown such results: “russian pilots in Syria” - 47 000 000 results; “Roman Filippov pilot” – 60 000 000 results; “Oleg Peshkov pilot” – 17 000 000 results. The articles were about the pilots’ biography, information about the participance in military actions, personal characters.

The requests were entered into the Yahoo in English. For media monitoring we have selected such news portals as: Daily.co.uk ("Children of Russian pilot shot down and killed by Turkish jet' are hopping he is still alive", O. Peshkov), Express.co.uk ("More than 10,000 Russians attend funeral of pilot shot down by Turkey", O. Peshkov), Russian.rt.com ("Pilot of downed Russian Su-25 in Syria died fighting on the ground", R. Filippov) and the news page on Twitter InTheNow (video comment of the US Air Force veteran about the death of R. Filippov). It was found that the articles and more of the comments to them are positive.

According to the results of monitoring and the three-beam image model, the following peculiarities of pilots’ image perception were revealed:

• Personality is characterized by endurance, dedication, perseverance, professionalism, speed of reaction, non-standard thinking, psychological stability, patriotism, power, leadership, courage, good health;

• Activities associated with complex training, rapid decision-making in the extreme situations, unquestioning obedience to orders;

• Relations are characterised by the ability to lead an active social life, maintaining friendly relations with colleagues.

Активное производство как оптимальная модель управления производством на предприятиях авиационной отрасли

Просвирина Н.В., Тихонов А.И.
МАИ, г. Москва

На современном этапе развития российской экономики наблюдается все более нарастающее ужесточение конкурентной борьбы на международных рынках авиационной продукции. По мере развития отечественной авиационной промышленности и увеличения её доли на международном рынке, встает вопрос об оптимальной модели управления производственным предприятием. Можно выделить три основных известных концепции промышленного производства: бережливое производство (lean manufacturing), быстрореагирующее производство (quick response manufacturing) и активное производство (agil manufacturing). Рассмотрим набирающую в последнее время обороты новую технологию активного производства, особенностью которой является гибкость и возможность быстро реагировать на новые условия рынка. Предприятия, использующие принципы активного производства, способны реконфигурировать человеческие и материальные ресурсы в кратчайшие сроки и с минимальными затратами. Это методика организации, позволяющая очень быстро перестраивать производство, как на другой вид изделий, так и на другие объемы выпуска, и все это на фоне высокой вариативности рыночных отношений с поставщиками и потребителями. Предприятия, использующие данную технологию, основное внимание уделяют минимизации потерь от возможных, неожиданных негативных изменений, таких как потеря контрактов или рынка производимого изделия. Итак, активное производство – это новая методология совершенствования производства посредством внедрения инновационных автоматизированных технологий, позволяющих выполнять поставленные задачи с наименьшим вмешательством человека, однако придерживающаяся стратегии на увеличение интеллектуальных ресурсов и снижение материальных.

Таким образом, к числу важнейших проблем предприятий, производящих авиационную продукцию, можно отнести необходимость быстрого реагирования на изменяющиеся условия рынка и поддержания конкурентоспособности, что позволяет

достичь внедрение в производственный процесс активного производства. Поэтому данная тема является актуальной и требует системного рассмотрения.

Литература:

1. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. Повышение эффективности форм организации производства на предприятиях авиационного двигателестроения// РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2017.№ 4.С.166-170.

2. Просвирина Н.В., Тихонов А.И., Клочков В.В. Разработка стратегии развития и анализ конкурентоспособности предприятий авиационного двигателестроения России на мировом рынке// Московский экономический журнал. 2017.№ 3.С.70.

Agile manufacturing as an optimal model of production management at the enterprises of the aviation industry

Prosvirina N.V., Tikhonov A.I.

MAI, Moscow

At the present stage of the development of the Russian economy, there is an ever-increasing tightening of competition in the international markets for aviation products. As the domestic aviation industry develops and its share in the international market increases, the question arises of the optimal model for managing a production enterprise. There are three main known concepts of industrial production: lean manufacturing, quick response manufacturing and agile manufacturing. We will consider the new technology of active production gaining in recent times, the feature of which is flexibility and the ability to react quickly to new market conditions. Enterprises using the principles of agile manufacturing are able to reconfigure human and material resources in the shortest time and with minimal costs. This is the organization's methodology, which allows very quickly to rebuild production, both for another type of products and for other volumes of output, all against the backdrop of high variability in market relations with suppliers and consumers. Enterprises using this technology focus on minimizing losses from possible, unexpected negative changes, such as the loss of contracts or the market of the manufactured product. So, agile manufacturing is a new methodology for improving production through the introduction of innovative automated technologies that allow performing the tasks with the least human intervention, but adhering to the strategy for increasing intellectual resources and reducing material costs.

Thus, one of the most important problems of enterprises producing aviation products is the need to respond quickly to changing market conditions and maintain competitiveness, which allows for the introduction of agile manufacturing into the production process. Therefore, this topic is relevant and requires systematic consideration.

References:

1. Prosvirina N.V., Tikhonov A.I. Increase the effectiveness of forms of organization of production at the enterprises of aircraft engine construction // RISK: Resources, information, supply, competition. 2017. № 4. P. 166-170.

2. Prosvirina N.V., Tikhonov A.I., Klochkov V.V. Development of a development strategy and analysis of the competitiveness of Russian aircraft engines in the world market // Moscow Economic Journal. 2017. № 3. C. 70.

Формирование системы профессиональной подготовки персонала на предприятии

Прохоренкова А.С., Хренова Н.М., Федулов В.И.

МАИ, г. Москва

Профессиональное развитие кадров - приобретение сотрудниками новых компетенций, знаний, умений и навыков, которые они используют или собираются использовать в своей сфере деятельности. Профессиональное развитие является важнейшим условием эффективного функционирования организации. Фундаментальные методы профессионального развития - это профессиональное образование и карьерный рост.

Профессиональное обучение – является процесс приобретения персонала организации специфических профессиональных навыков путем получения специальных методов обучения.

Одним из главных вопросов в области управления персоналом является обучение кадров на предприятии. Потребность в высококвалифицированном персонале стоит перед руководящим составом вне зависимости от того, на каком этапе существования находится организация. Даже если это этап возникновения, активного развития, получение новых рынков или реструктуризации - необходимость в квалифицированном персонале в условиях жесткой конкуренции является одной из самых насущных.

Построение системы обучения — процесс кропотливый прежде всего из-за денежных и временных издержек. Из этого означает, что всему персоналу, больше всего это относиться именно к высшим и средним руководителям, приходится четко осознавать цели и задачи подготовки персонала, а также их значение в успешном функционирования компании. Самым важным критерием при выборе формы повышения квалификации является то, что в последствии должно увеличиться качество работы персонала, а после - качество продукции, ее объемы. Полученная прибыль от реализации дополнительных единиц продукции должна в последующем перекрывать затраты на повышение квалификации работников.

Работа на предприятии обязывает персонал повышать свой уровень образования, овладевая теоретическими и практическими навыками своей профессии. В следствия. обучению трудовой потенциал персонала развивается. Четко спланированная и организованная работа по обучению кадров — это залог успеха компании в достижении ее стратегических целей, ее конкурентоспособности, а также разработанные к проведению организационных изменений.

Formation of the system of professional training of personnel in the enterprise

Prokhorenkova A.S., Khrenova N.M., Fedulov V.I.
MAI, Moscow

Professional development of personnel means the acquisition by employees of new competencies, knowledge, skills that they use or are going to use in their field of activity. Professional development is the most important condition for the successful functioning of the organization. Fundamental methods of professional development are professional education and career growth.

Professional training - is the process of acquiring the personnel of the organization of specific professional skills by obtaining special training methods.

One of the main issues in the field of personnel management is the training of personnel in the enterprise. The need for highly qualified personnel stands before the leadership, regardless of the stage of existence of the organization. Even if this is the stage of emergence, active development, the acquisition of new markets or restructuring - the need for skilled personnel in a highly competitive environment is one of the most urgent.

Building a learning system is a painstaking process primarily because of the cost and time costs. This means that all personnel, most of all, this applies to top and middle managers, we must clearly understand the goals and objectives of staff training, as well as their importance in the successful operation of the company. The most important criterion in choosing the form of advanced training is that in the future the quality of the work of the personnel must increase, and after that the quality of the products, its volumes. The received profit from realization of additional units of production should in the future cover expenses on improvement of professional skill of workers.

Work at the enterprise obliges staff to improve their level of education, mastering the theoretical and practical skills of their profession. In consequence, the labor potential of the staff is developing. A well-planned and organized work on personnel training is the key to the success of the company in achieving its strategic goals, its competitiveness, and also designed to conduct organizational changes

Адаптация студентов в институте, как кадрового резерва

Прохорова В.С., Затолокина А.Р.
МАИ, г. Москва

Адаптация персонала — процесс ознакомления, приспособления работников к содержанию и условиям трудовой деятельности, а также к социальной среде организации. Адаптация является одной из составляющих частей управления персоналом. Этот термин применим как к новым сотрудникам, нанимаемым извне, так и к сотрудникам, перемещаемым на новую должность в порядке внутренней ротации.

Адаптации абитуриентов в вузе надо уделять не меньше внимания, чем адаптации на предприятии, можно сказать, что это практически одно и то же. При поступлении абитуриенту очень трудно решить, что ему лучше выбрать: науку, учебу, спорт, развитие таланта или личная жизнь. Что бы ему помочь в этом выборе или объединить несколько направлений или взяться за одно необходимо влияние не только преподавателей, но и студентов старших курсов, так как они так или иначе уже влились в жизнь института и могут дать очень много советов и по обучению и по институту в целом.

Все мероприятия, проводимые вузом для всех студентов- это только часть студенческой жизни.

Для более полной адаптации студента в стенах института необходимо систематически проводить мероприятия, такие как экскурсии или квесты по территории, им это позволит познакомиться с территорией вуза, но до этого, можно предложить ознакомиться с памяткой, на которой будут отмечены не только важные места на карте, но и полезная информация. Такое информирование позволит студенту-первокурснику в дальнейшем при поиске нужных мест в институте, такие как библиотека или ангар, что вызывает некие сложности при отыскании впервые, найти эти места быстрее.

Не мало важно проводить тимбилдинги с первокурсниками, так мы снимаем тактильные барьеры между одногруппниками, более того, мы делаем их дружнее и сплоченнее. Одной из частей такой адаптации является посвящение в первокурсники. Посвящение даст им осознание того, что они не просто абитуриенты, но уже и студенты. В более сплоченном коллективе будет меньше конфликтов и, возможно, появиться помощь внутри группы.

Таким образом, на первых этапах так или иначе надо заниматься первокурсниками, это позволит им быстрее влиться в коллектив института и избежать ряд конфликтов.

Adaptation of students in the Institute, as a staff reserve

Prokhorova V.S., Zatolokina A.R.
MAI, Moscow

Adaptation of personnel is the process of acquaintance, adaptation of employees to the content and conditions of work activity, as well as to the social environment of the organization. Adaptation is one of the constituent parts of personnel management. This term is applicable both to new employees hired from outside, and to employees who are moved to a new position in the order of internal rotation.

Adaptations of applicants in the university should be given no less attention than adaptation in the enterprise, we can say that it is practically the same thing. Upon admission to the applicant it is very difficult to decide what to choose: science, study, sports, talent development or personal life. To help him in this choice, or to merge several directions, or to take on one, it is necessary to influence not only teachers but also senior students, since they somehow have already merged into the life of the institution and can give a lot of advice on both training and the institute generally.

All the activities held by the university for all students are only part of the student life.

For a more complete adaptation of the student within the walls of the institute, it is necessary to systematically carry out activities such as excursions or quests on the territory, they will make it possible to get acquainted with the territory of the university, but before that, you can be offered a memo on which not only important places on the map will be marked, but also useful

information. Such informing will allow a freshman student to find suitable places in the institute, such as a library or a hangar, which causes some difficulties in finding the first time, to find these places more quickly.

It is not unimportant to conduct teambuilding with first-year students, so we remove tactile barriers between classmates, moreover, we make them more united and united. One of the parts of this adaptation is initiation into first-year students. Dedication will give them the awareness that they are not just applicants, but already students. In a more cohesive team there will be less conflicts and, perhaps, help within the group.

Thus, in the first stages, first-year students will have to be engaged in one way or another, this will allow them to quickly join the institute's staff and avoid a number of conflicts.

Подбор экипажа самолета

Радько А.А., Коновалова В.Г., Федотова М.А.
МАИ, г. Москва

Авиация и космонавтика играет огромную роль в жизни человечества. Когда-то давно люди перемещались из одного пункта назначения в другой с помощью наземного транспорта. Обычно это занимало много времени, в долгих поездках люди очень изматывались и утомлялись, для многих такие путешествия казались мучительным процессом. Но к счастью, технический прогресс дошел до чудесного изобретения всех времен, которое может перемещаться по воздуху. Современный мир требует быстрого перемещения с одной точки земли в другую и самолёты значительно облегчили жизнь человеку.

Экипаж – это люди, отвечающие за управление самолетом, создание комфортабельной обстановки на борту и за решение линейных задач по сервисному обслуживанию воздушного судна. Сюда входят: капитан воздушного судна, второй пилот, стюардесса, инженер. Успешность любого перелета напрямую зависит от слаженной, командной и профессиональной работы экипажа самолета. Такие навыки как: знание языка, умение предотвращать конфликты, опытность, индивидуальные характеристики членов экипажа– все это играет важнейшую роль при организации обслуживания на борту любого самолета.

Любой авиаперелет принесет положительные эмоции у команды воздушного судна и его пассажиров только тогда, когда обслуживание на борту пройдет на высоком уровне и при его организации будет учтено каждое пожелание клиента. Безопасный и качественный перелет является результатом слаженной работы всего экипажа, начиная от менеджера и заканчивая стюардессой. Для того, чтобы путешествие отвечало всем нормам, требованиям, а так же ожиданиям пассажиров, существуют подробные списки правил и советов по организации перелета. Какими качествами должен обладать экипаж самолета, чтобы полет прошел безопасно и успешно? Каким правилам стоит придерживаться при наборе персонала на борт воздушного судна? Что необходмо учитывать при планировании любого вида сервиса для того, чтобы работа стюардессы была безупречной? Как организовать перевозки детей, животных и больных пассажиров так, чтобы избежать непредвиденных ситуаций на борту и т.д? Ответив на все эти вопросы, мы поймем всю серьезность и ответственность этого процесса.

Selection of the aircraft crew

Radko A.A., Konovalova V.G., Fedotova M.A.
MAI, Moscow

Aviation and cosmonautics plays a huge role in the life of mankind. Once upon a time, people moved from one destination to another by land transport. Usually it took a long time, on long trips people were very exhausted and tired, for many such trips seemed a painful process. But fortunately, technical progress has come to a miraculous invention of all times that can travel through the air. The modern world requires a rapid movement from one point of the earth to another and the aircraft have greatly facilitated human life.

The crew is the people responsible for managing the aircraft, creating a comfortable environment on board and for solving linear tasks for aircraft maintenance. These include: the captain of the aircraft, co-pilot, stewardess, engineer. The success of any flight directly depends on the coordinated, command and professional work of the crew of the aircraft. Such skills as: knowledge of the language, ability to prevent conflicts, experience, individual characteristics of the crew - all this plays a crucial role in the organization of services on board any aircraft.

Any flight will bring positive emotions to the crew of the aircraft and its passengers only when the service on board will be held at a high level and with its organization every wish of the client will be taken into account. Safe and high-quality flight is the result of well-coordinated work of the entire crew, from the manager to the stewardess. To ensure that the trip meets all standards, requirements, as well as the expectations of passengers, there are detailed lists of rules and tips for organizing the flight. What qualities should the crew of an airplane have to ensure that the flight was safe and successful? What rules should I adhere to when recruiting personnel on board an aircraft? What needs to be considered when planning any type of service so that the flight attendant's job is flawless? How to arrange transportation of children, animals and sick passengers so as to avoid unforeseen situations on board and so on? Having answered all these questions, we will understand the seriousness and responsibility of this process.

Интегрированный подход к обучению иностранным языкам в высших учебных заведениях

Рогожина Л.А.
МАИ, г. Москва

В последние время большое внимание уделялось интегрированному обучению на начальных и средних этапах обучения языку, интеграции обучения различным предметам в средней школе. Но не менее актуальным, на наш взгляд, являются интегрированные занятия на продвинутом этапе, в высшем учебном заведении, когда у студентов уже сформирована система родного языка и имеются базовые знания в области первого иностранного языка.

Учитывая, что большая часть студентов приходит в высшие учебные заведения, уже владея основами двух и более иностранных языков. Часть студентов имеет опыт изучения родного (не русского языка) и иностранного (русского и других) языков. Некоторая часть студентов имела возможность изучать иностранные языки непосредственно в странах изучаемого языка. Все это свидетельствует в пользу расширения возможностей для изучения иностранных языков в рамках высшего образования, в том числе с помощью интегрированных занятий.

Безусловно, для осуществления этой задачи потребуется создать чёткую систему обучения и при соблюдении всех общих методических принципов обучения иностранному языку разработать лингвистические и педагогические её основы, серьёзно подойти к отбору материала и составлению программ интегрированного обучения, уделить особое внимание приёмам и методам достижения целей. При этом необходимо учитывать разный уровень знания студентами иностранного языка, а также индивидуальные особенности учащихся в плане усвоения языка.

Представляется крайне актуальным развивать это направление, как в языковых, так и неязыковых институтах, в связи с теми безграничными возможностями, которое оно предоставляет в области обучения иностранным языкам, а также познания культуры стран изучаемого языка и повышения общего культурного уровня и развития личности студентов.

Особую актуальность в связи с этим приобретает отбор и структуризация материала терминологического корпуса лексики изучаемых языков. Ведь на продвинутом этапе обучения студент знаком с основами языка или языков и перед преподавателем стоит задача обучить студента лексике по его специальности и правилам её употребления. В значительной мере эту задачу облегчает наличие большого корпуса интернациональной технической лексики.

Большое значение имеет сопоставительный аспект интегрированного обучения, особенно в языковых вузах.

Multilingual approach to foreign language teaching in higher schools

Rogozhina L.A.
MAI, Moscow

Learning another language opens up access to other value systems and ways of interpreting the world and encouraging inter-cultural understanding. The way languages are taught is constantly changing. Much depends on the prevailing concept of language and language teaching paradigms, as well as on the role that is assigned to the language that is taught. Bilingual and multilingual education refers to the use of two or more languages as mediums of instruction. The language of instruction is the medium of communication for the transmission of knowledge.

It is argued a new approach that integrates languages in daily classroom literacy practices: a multilingual literacy approach. The theoretical framework that drives this approach draws form from the notions of universality and transfer that are established in the literature from applied linguistics and cognitive neurosciences to classroom pedagogy. When the theoretical notions bridge the research- practice divide and are adopted into daily classroom teaching and learning activities, there is a qualitative and quantitative improvement in student literacy learning.

Обзор методов оценки персонала в современных организациях

Романадзе Е.Л., Сёмина А.П., Коновалова В.Г.
МАИ, г. Москва

Главная ценность компании – это ее персонал. Для того чтобы организация была максимально эффективна, необходимо знать и понимать какие сотрудники нужны в той или иной сфере деятельности, какими качествами они должны обладать в общем, а какие качества нужны каждому из них в отдельности в соответствии с их должностью. Представление такой картины даст возможность подобрать подходящих кандидатов за счет оценки персонала.

Оценка персонала – это набор инструментов и методов, направленный на выявление характеристики сотрудников для принятия управленческих решений. Она используется на всех этапах работы сотрудников и решает вопросы кадрового планирования, подбора персонала, повышения или понижения сотрудника в должности, его развития, обучения и также увольнения.

Существует большое разнообразие методов, каждый из которых используется в определенных случаях и для принятия различных решений. Все методы подразделяются на качественные, количественные и комбинированные. Качественные описывают сотрудника, не используя количественные измерители. В этой группе наиболее распространенными считаются матричный метод, метод системы произвольных характеристик, групповая дискуссия, метод «360 градусов». Количественные методы наглядно показывают значимость сотрудников, так как результаты приведены в цифрах. К таким методам относят метод балльной оценки, ранговый метод, метод свободной балльной оценки. Комбинированные методы включают в себя метод суммы оценок и систему группировок.

В последнее время наибольшую популярность среди организаций ракетно-космической промышленности набирает метод оценки персонала «ассессмент-центр». Он позволяет всесторонне и объективно оценить персонал, выявить его сильные и слабые стороны и зоны развития.

Литература:

1. Семина А.П., Силантьева Е.А. Методы оценки персонала в ракетно-космической промышленности // Гагаринские Чтения 2017. - М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2017. - С. 1292-1293.

2. Семина А.П., Федотова М.А. Оценка персонала в целях его развития в ракетно-космической промышленности // Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники. - М.: Эйдос, 2016. - С. 461-463.

3. Семина А.П., Коновалова В.Г. Управление талантами - важный фактор инновационного развития предприятия // Управление персоналом аэрокосмической отрасли. - Ставрополь: Центр научного знания "Логос", 2016. - С. 82-84.

Methods of personnel assessment in modern organization

Romanadze E.L., Semina A.P., Konovalova V.G.
MAI, Moscow

The main value of the company is its personnel. In order for the organization to be as effective as possible, it is necessary to know and understand what employees are needed in this or that field of activity, what qualities they should have in general, and what qualities each of them needs individually in accordance with their position. Representation of such a picture will provide an opportunity to select suitable candidates through the evaluation of staff.

Staff assessment is a set of tools and methods aimed at identifying the characteristics of employees for making managerial decisions. It is used at all stages of the work of employees and solves the issues of personnel planning, staff selection, increase or decrease of the employee in the post, his development, training and also dismissal.

There is a wide variety of methods, each of which is used in certain cases and for making different decisions. All methods are divided into qualitative, quantitative and combined. Among the qualitative the most common are the matrix method, the method of a system of arbitrary characteristics, the group discussion, the "360 degree" method are considered to be the most common. Quantitative methods clearly demonstrate the importance of employees, as the results are given in figures. These methods include the method of scoring, the rank method, the method of free scoring. Combined methods include the method of the sum of estimates and the grouping system.

Recently, the most popular among the organizations of the rocket and space industry is gaining the method of assessing the staff of the "assessment center". It allows you to assess the staff in a comprehensive and objective manner, identify its strengths, weaknesses and development areas.

References:

1. Semina A.P., Silantieva E.A. Methods for assessing personnel in the rocket and space industry / / Gagarin Readings 2017. - Moscow: Moscow Aviation Institute (National Research University), 2017. - P. 1292-1293.

2. Semin A.P., Fedotova M.A. Evaluation of personnel for the purpose of its development in the rocket and space industry / / Ideas KE. Tsiolkovsky in the innovation of science and technology. - M .: Eidos, 2016. - P. 461-463.

3. Semin A.P., Konovalova V.G. Talent management is an important factor in innovative development of the enterprise // Personnel management in the aerospace industry. - Stavropol: Center for Scientific Knowledge "Logos", 2016. - P. 82-84.

Индустриально-корпоративные аспекты организационного проектирования интегрированных структур ракетно-космической промышленности

Рябченко А.В.
Красмаш, г. Красноярск

В настоящее время реформирование ракетно-космической промышленности (РКП) представляет собой стадию «реструктуризации» организационного проектирования интегрированных структур, которая направлена на дальнейшее формирование и совершенствование созданных отраслевых корпораций на базе существующих научно-исследовательских, конструкторских и производственных организаций РКП различных организационно-правовых форм по научно-производственному, отраслевому и территориальному признакам с централизацией управления.

Итогом стадии «реструктуризации» отраслевых корпораций РКП будет формирование ограниченного числа системообразующих интегрированных структур; повышение капитализации и инвестиционной привлекательности; совершенствование системы корпоративного управления и т.д., что в целом отразится на повышении конкурентоспособности и экономического потенциала РКП.

По данным [Информационного агентства - Росинформбюро] в проекте новой программы развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК) на период до 2025 и дальнейшую перспективу в отраслевых корпорациях ОПК (в том числе и РКП) намечены: внедрение современной индустриальной бизнес модели, диверсификация и оптимизация структуры производства и т.д.

Запланированные изменения (реструктуризация) интегрированных структур РКП предполагают совершенствование с одной стороны производственно-технологической структуры (совокупности технологических процессов с материально-вещественными и производственно-техническими связями между ними, обеспечивающая производство ракетно-космической техники), с другой стороны организационно-хозяйственной структуры (совокупности предприятий, входящих в состав корпорации, и административно-хозяйственные отношения между ними, представляющие собой систему корпоративного управления).

Совершенствование производственно-технологической и организационно-экономической структур отраслевых корпораций РКП, в классической интерпретации организационного проектирования будет представлять собой моделирование изменяемых управляющей и управляемой подсистем организационной системы (интегрированной структуры).

На современном этапе моделирование интегрированных структур РКП требует расширение теории, методологии и практики организационного проектирования отраслевых корпораций с позиций индустриально-корпоративного строительства.

Industrial and corporate aspects of organizational design of the integrated structures of the space-rocket industry

Ryabchenko A.V.
Krasmash, Krasnoyarsk

Now reforming of the space-rocket industry (SRI) represents a stage of "restructuring" of organizational design of the integrated structures which is directed to further formation and improvement of the created branch corporations on the basis of the existing research, design and production organizations of RCP of various legal forms for research and production, branch and territorial signs with centralization of management.

Formation of limited number of the systemically important integrated structures will be a result of a stage of "restructuring" of branch corporations of RCP; increase in capitalization and investment attractiveness; improvement of a corporate management system, etc. that in general will affect increase in competitiveness and economic capacity of RCP.

By data [News agency - Rosinformbyuro] in the draft of the new program of development of the defense industry complex (DIC) until 2025 and further prospect in the OPK branch corporations (including RCP) are planned: introduction of a modern industrial business model, diversification and optimization of structure of production, etc.

The planned changes (restructuring) of the integrated structures of RCP assume improvement on the one hand of production and technological structure (set of technological processes with material and material and technological communications between them, providing production of the missile and space equipment), on the other side of organizational and economic structure (set of the enterprises which are a part of corporation, and the administrative relations between them representing a corporate management system).

Improvement of production and technological and organizational and economic structures of branch corporations of RCP, in classical interpretation of organizational design will represent

modeling and the organizational system (the integrated structure) operated the subsystems changed the managing director.

At the present stage modeling of the integrated structures of RCP demands extension of the theory, methodology and practice of organizational design of branch corporations from positions of industrial and corporate construction.

Групповая и индивидуальная мотивация в аэрокосмической отрасли

Сафиулина В.В., Мезина Н.А.
МАИ, г. Москва

Мотивация в трудовых коллективах используется не только для привлечения новых кадров и их удержания, но и для улучшения результативности работы отдельных сотрудников и коллектива в целом. Мотивация персонала – это основной элемент управления. Мотивация заряжает энергией мышление, питает энтузиазм. Без мотивации даже самый способный человек откажется работать. Необходимо отметить, что мотивация напрямую не влияет на производительность труда, она побуждает использовать свои знания и навыки и эффективно применять их на практике. Важно различать групповую и индивидуальную мотивацию, так как индивидуальные потребности и потребности группы далеко не всегда совпадают.

По мере усиления групповой мотивации происходит частичная подмена индивидуальных мотивов у конкретного работника групповыми. Это отражается на улучшении психологического климата в группе и компании в целом, ведет к повышению производительности труда и созданию условий для успешной совместной деятельности на благо предприятия.

Необходимо улучшить моральный дух отдельного сотрудника, объясняя, насколько это важно для достижения целей всей команды. Понимание того, почему выполняемые обязанности имеют жизненно важное значение для успешного завершения проекта, может быть именно той мотивацией, которая необходима каждому сотруднику. Мотивация коллектива, которая подчеркивает промежуточные и общие цели проекта, помогает держать работоспособность на должном уровне, чтобы уложиться в сроки и выполнять задания, которые помогают компании достичь своей цели. Когда группа признает свой вклад в деятельность, она становится сосредоточенной и морально устойчивой. Именно эти два качества служат для достижения общей цели.

Также имеет место рассмотреть индивидуальную мотивацию. Многие компании аэрокосмической отрасли разрабатывают серьезные комплексные программы мотивации персонала, так как у них большая текучесть кадров. Сотруднику необходимы благоприятные условия работы, стабильная зарплата, безопасность, признание, ответственность и полномочия. Без этих факторов работа становится невыносимой и сотрудник принимает решение найти другое место работы.

Литература:

1. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс. Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

Group and individual motivation in the aerospace industry

Safiulina V.V., Mezina N.A.
MAI, Moscow

Motivation in the workforce is used not only to attract new staff and retain them, but also to improve the performance of individual employees and the team as a whole. Personnel motivation is the main element of management. Motivation energizes thinking, nourishes enthusiasm. Without motivation, even the most capable person will refuse to work. It should be noted that motivation does not directly affect productivity, it encourages the use of their knowledge and skills and effectively apply them in practice. It is important to distinguish between group and individual motivation, as individual needs and the needs of the group are not always the same.

In process of strengthening of group motivation there is a partial substitution of individual motives at the concrete worker group. This affects the improvement of the psychological climate in the group and the company as a whole, leads to increased productivity and the creation of conditions for successful joint activities for the benefit of the enterprise.

It is necessary to improve the morale of the individual employee, explaining how important it is to achieve the goals of the whole team. Understanding why responsibilities are vital to the successful completion of a project can be exactly the motivation that every employee needs. The motivation of the team, which emphasizes the intermediate and overall goals of the project, helps to keep the performance at the proper level to meet the deadlines and perform tasks that help the company achieve its goal. When the group recognizes its contribution, it becomes focused and morally sustainable. It is these two qualities that serve a common purpose.

It is also the place to consider individual motivation. Many companies in the aerospace industry are developing serious comprehensive programs of personnel motivation, as they have a large turnover. The employee needs favorable working conditions, stable salary, security, recognition, responsibility and authority. Without these factors, the work becomes unbearable and the employee decides to find another job.

References:

1. Kraev V. M., Fedotov M. A., Tikhonov A. I. personnel Management of aerospace industry. basic course. Study guide / Stavropol. – LOGO. - 2018. - 108 p.

Разработка программы оценки стоимости жизненного цикла высокотехнологичного изделия

Сикриер А.В.
МАИ, г. Москва

В современных условиях темпы роста экономики государства напрямую связаны с внедрением результатов научно-технического прогресса и во многом зависят от эффективности процесса разработки, производства и эксплуатации наукоемкой продукции, высокотехнологичных изделий.

Жизненный цикл изделия (жизненный цикл продукции) — совокупность взаимосвязанных процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определённой продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта. [1]

Основными стадиями жизненного цикла изделия можно считать [2]:

• НИОКР;
• Производство;
• Техническое обслуживание (эксплуатация);
• Утилизация.

Оценка стоимости жизненного цикла изделия (продукции) – сложный и трудоемкий процесс, что является проблемой для высокотехнологичных отраслей, в которых необходима оперативность проведения расчетов и достоверность полученных результатов.

Для решения данной проблемы, была разработана программа автоматизированного расчета стоимости ЖЦ на базе инженерной системы MatLab.

Данная программа включает в себя:

• Модули стадий жизненного цикла;
• Модуль обращения к внешним файлам калькуляции затрат;
• Модуль расчета статей затрат калькуляции;
• Модуль расчета экономических параметров эффективности;
• Модуль генерации отчетов;

Программа позволяет оценить, как жизненный цикл целиком, так и отдельные его стадии или этапы, получить по ним развернутый отчет, а также оценку параметров эффективности.

Практическое применение данной инженерной системы позволяет сделать вывод, что программа отличается легкостью использования, а результаты характеризуются оперативностью получения и информативностью.

Литература:

1. Сикриер А.В. Применение средств автоматизации для оценки стоимости жизненного цикла изделия. В сборнике: Молодежь в науке: Новые аргументы Сборник научных работ IV Международной молодежной научной конференции. Отв. ред. А.В. Горбенко. 2018. С. 19-23.

2. Сикриер А.В. Оценка стоимости жизненного цикла изделия на стадии НИОКР. В книге: Гагаринские чтения - 2018 Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодёжной научной конференции. 2018. С. 270.

Development of a program for estimating the cost of a life cycle of a high-tech product

Sikrier A.V.
MAI, Moscow

In modern conditions, the growth rates of the state economy are directly related to the introduction of the results of scientific and technological progress and largely depend on the effectiveness of the process of development, production and operation of science-intensive products and high-tech products.

Product life cycle (product life cycle) is a set of interrelated processes performed from the moment when the society's needs for certain products are identified to the moment when these needs are met and the product is disposed of. [1]

The main stages of the product life cycle can be considered [2]:

• R & D;
• Production;
• Maintenance (operation);
• Recycling.

Estimating the cost of a product's life cycle (products) is a complex and time-consuming process, which is a problem for high-tech industries in which prompt calculations and reliability of the results are necessary.

To solve this problem, a program was developed for the automated calculation of the cost of the LC based on the MatLab engineering system.

This program includes:

• Modules of life cycle stages;
• Module for accessing external costing files;
• The module for calculating the costing items;
• A module for calculating economic performance parameters;
• Report generation module;

The program allows you to evaluate how the whole life cycle, and its individual stages or stages, get a detailed report on them, as well as evaluate the performance parameters.

The practical application of this engineering system allows us to conclude that the program is easy to use, and the results are characterized by promptness of reception and informative.

References:

1. Sikrier A.V. The use of automation tools to assess the value of the life cycle of the product. In the collection: Youth in Science: New arguments Collection of scientific works of the IV International Youth Scientific Conference. Otv. Ed. A.V. Gorbenko. 2018. pp. 19-23.

2. Sikrier A.V. Evaluation of the life cycle cost of the product at the stage of R & D. In the book: Gagarin Readings - 2018 Collected theses of the reports of the XLIV International Youth Scientific Conference. 2018. P. 270.

Нечеткая регрессионная модель как инструмент оценки капиталовложений авиапредприятия в условиях неопределенности

Скороход М.А.
Самарский университет, г. Самара

Современное авиапредприятие представляет собой сложную стохастическую систему, включающую комплекс технических средств с определенным набором параметров и характеристик. Полное или частичное обновление основных фондов авиапредприятия предполагает проведение на этапе планирования предварительной оценки капиталовложений с целью наиболее эффективного распределения ресурсов. Как правило, эта задача решается с помощью математических моделей, построенных на основе статистических данных и связывающих стоимостные и технические характеристики рассматриваемых систем. Однако авиапредприятие функционирует в условиях влияния такого рода неопределенностей, которые связаны с необходимостью использования экспертных оценок и не всегда могут быть описаны в терминах теории вероятностей. В таких случаях широко используются методы теории нечетких множеств.

Целью настоящего исследования является разработка методики построения технико-экономических моделей, позволяющих, наряду с детерминированными и случайными, оперировать и с нечеткими величинами.

Предложенная методика является результатом синтеза двух подходов к проведению нечеткого регрессионного анализа, основанных на методах математического программирования и наименьших квадратов, и предполагает формирование нечеткой модели на базе предварительно построенной четкой модели парной или множественной линейной регрессии.

Разработанная методика апробирована на примере технико-экономической модели автоматизированной системы обработки багажа (АСОБ) аэропорта, которая является одной из наиболее сложных технических и технологических систем авиапредприятия, включающей ряд подсистем. Нечеткая модель позволяет производить оценку затрат на приобретение, монтаж и ввод в эксплуатацию АСОБ в зависимости от ее технико-технологических характеристик. Регрессорами уравнения выступают численности элементов подсистем АСОБ.

Благодаря своей универсальности разработанная методика может быть использована для построения нечетких технико-экономических моделей других элементов комплекса технических средств авиапредприятия.

Fuzzy regression model as assessment tool of capital investment of aviation enterprise under uncertainty

Skorokhod M.A.
Samara University, Samara

A modern aviation enterprise is a complex stochastic system that includes a combination of technical means with a certain set of parameters and characteristics. At the planning stage, the replacement of fixed assets of an aviation enterprise includes a preliminary assessment of capital investments in order to efficient allocation of resources. As a rule, this task is solved by using mathematical models that are developed on a statistical basis and connect the cost and technical characteristics of the systems under consideration. However, an aviation enterprise operates under such uncertainty that cannot always be described in terms of probability theory and it is necessary to use expert estimates. In such cases, methods of the fuzzy sets theory are widely used.

The purpose of this research is to establish a development methodology of technical and economic models that would allow to operate not only with deterministic and random values, but also with fuzzy ones.

The proposed methodology is the result of the synthesis of two fuzzy regression analysis approaches. One of them is based on the method of mathematical programming, the other — on

the method of the least squares. The methodology assumes the formation of a fuzzy model on the basis of a previously constructed deterministic model of paired or multiple linear regression.

The developed methodology is tested on the example of the technical and economic model of the airport's automated baggage handling system (BHS), which is one of the most complex technical and technological systems of an aviation enterprise and includes a number of subsystems. Fuzzy model allows to estimate the cost of the purchase, installation and commissioning of BHS given its technical and technological characteristics. The regressors of the equation are the number of elements of the BHS subsystems.

Due to its versatility, the developed methodology can be used to construct fuzzy technical and economic models of other elements of the complex of technical means of an aviation enterprise.

Роль процедуры дью дилидженс при проверке контрагентов на предприятиях аэрокосмического комплекса

[1]Соколов Д.А., [2]Тихон В.И.
[1]МАИ, [2]Финансовый Университет, г. Москва

Ведение предпринимательской деятельности подразумевает вступление в договорные отношения не только с заказчиками, чья деловая репутация и финансовые возможности проверены годами, но и с поставщиками, продавцами и арендодателями. Нередко поступают выгодные коммерческие предложения от ранее неизвестных фирм, возникает необходимость совершения сделок купли-продажи объектов недвижимости, акций или других активов на свободном рынке, меняются поставщики и подрядчики.

При проведении оценки рисков компании должны проанализировать и попытаться понять, какое воздействие оказывают на них выявленные ими риски. Таким образом, оценка рисков закладывает основу для риск-ориентированного подхода.

В процессе проверки отчетность потенциального контрагента должна пройти поочередно все 3 этапа, на которых по нарастающей рассчитывается все больше аналитических коэффициентов, используемых для финансового анализа, а именно:

1. Экспресс-оценку (состоит из трех показателей: финансовый результат, ресурсный потенциал, ликвидность баланса).

2. Подробную оценку

По результатам подробной оценки также делается вывод о целесообразности дальнейшей финансовой оценки контрагента – если 5 и более показателей, рассчитываемых при подробной оценке, находятся в пределах нормы и не вызывают опасений, то настает черед наиболее подробной, «хрестоматийной» оценки.

3. Хрестоматийную оценку.

Хрестоматийная оценка финансового состояния потенциального контрагента подразумевает наиболее подробное исследование отчетности компании и расчет гораздо большего количества показателей и коэффициентов.

Методически определение уровня финансового риска будет осуществляться при помощи разработанного Листа оценки финансового риска на контрагента, что решит проблему отсутствия унифицированной формы отчетности о проверке контрагента, т.к. он содержит общую и мотивационную часть. В общей части Листа делаются отметки в зависимости от результатов финансового анализа. В мотивационной части сотрудник, осуществляющий оценку риска, дает свое заключение, где может в письменном виде дать комментарий и рекомендации по дальнейшему взаимодействию с проверяемым контрагентом, однако руководитель, курирующий направление по корпоративной защите обязан утвердить выводы сотрудника, осуществлявшего проверку в финальной части Листа оценки.

The role of the due diligence procedure when checking counterparties at aerospace enterprises

[1]Sokolov D.A., [2]Tikhon V.I.
[1]MAI, [2]Financial University, Moscow

Doing business involves entering into a contractual relationship not only with customers whose business reputation and financial capabilities have been tested over the years, but also with suppliers, vendors and lessors. Profitable business offers from previously unknown firms often come in, there is a need to conclude purchase and sale transactions for real estate, stocks or other assets in the free market, suppliers and contractors are changing.

When conducting a risk assessment, companies should analyze and try to understand what impact their identified risks have on them. Thus, risk assessment lays the foundation for a risk-based approach.

In the process of checking, the reporting of a potential counterparty should go through all 3 stages in turn, at which more and more analytical factors used for financial analysis are calculated incrementally, namely:

1. Express assessment (consists of three indicators: financial result, resource potential, balance sheet liquidity).

2. Detailed assessment

Based on the results of the detailed assessment, a conclusion is also made about the advisability of further financial evaluation of the counterparty - if 5 or more indicators calculated during the detailed assessment are within the normal range and do not cause concern, then it is the turn of the most detailed, “textbook” assessment.

3. Textbook evaluation.

The textbook evaluation of the financial condition of a potential counterparty implies the most detailed study of the company's reporting and the calculation of a much larger number of indicators and ratios.

The methodical determination of the level of financial risk will be carried out using the developed Counterparty financial risk assessment sheet, which will solve the problem of the lack of a unified counterparty verification report form, because it contains a common and motivational part. In the general part of the Sheet, marks are made depending on the results of the financial analysis. In the motivational part, the risk assessment officer makes his opinion, where he can give a written comment and recommendations on further interaction with the audited counterparty, however, the head in charge of the corporate protection direction must approve the findings of the employee who performed the check in the final part of the assessment sheet.

План адаптации японской системы управления производством для ракетно-космической промышленности Российской Федерации

Суворова О.С.
МАИ, г. Москва

Становление и развитие ракетно-космической промышленности как в Российской Федерации, так и в зарубежных странах характеризуется формированием различных подходов к организации систем управления. Изначально перед ракетно-космической промышленностью не ставились рыночные задачи, а целью было стремление к максимальной рационализации. В дальнейшем бизнес начал проявлять интерес к КД, что потребовало перехода к рыночным отношениям. При таком пути развития система организации управления ракетно-космической промышленностью так же требует изменений. Лучшим выбором в данном случае будет на основе существующих в мире и активно используемых систем управления создать приспособленную к особенностям российского производства систему для управления РКП с целью улучшения и ускорения развития производства КА, привлечения активных кадров и легкого внедрения инноваций.

В данной работе рассматривается вопрос использования японской системы управления производством. Главное отличие японского менеджмента - это акцент на

трудовые ресурсы. Цель японского управляющего - за счет повышения производительности труда работников повысить эффективность работы предприятия.

Изучая принципы непрерывного развития предприятия «Кайдзен», контроля качества и системы «Канбан» для интегрирования производственных и информационных потоков, стимулирования персонала и их постоянного обучения можно понять, что основные подходы модели держаться на традициях, заложенных с детства. Поэтому для дальнейшего создания плана адаптации знаний Японской системы управления производством в РКП РФ необходимо определить точки слияния традиций и принципов управления, разделить их и, подстроив под уже существующую модель управления Российским производством, составить план перехода к новой системе управления ракетно-космической промышленностью РФ.

Project of adaptation of the Japanese production management system for the rocket and space industry of the Russian Federation

Suvorova O.S.
MAI, Moscow

The formation and development of the rocket and space industry both in the Russian Federation and in foreign countries is characterized by the formation of various approaches to the organization of control systems. Initially, before the rocket and space industry, market tasks were not set, and the aim was to strive for maximum rationalization. In the future, business began to show interest in CD, which required a transition to market relations. With such a development path, the system of organizing the management of the rocket and space industry also requires changes. The best choice in this case will be based on existing in the world and actively used management systems to create a system adapted to the specifics of Russian production for managing the RCP in order to improve and accelerate the development of spacecraft production, attract active personnel and easily implement innovations.

In this paper, the use of the Japanese production management system is being considered. The main difference of Japanese management is the emphasis on labor resources. The goal of the Japanese manager is to increase the efficiency of the company by increasing the productivity of employees.

Studying the principles of continuous development of the Kaizen enterprise, quality control and the Kanban system for integrating production and information flows, stimulating staff and continuing education, one can understand that the basic approaches of the model to keep on the traditions inherent from childhood. Therefore, to further create a plan for adapting the knowledge of the Japanese production management system in the RFCP, it is necessary to determine the points of merging of traditions and management principles, to divide them and, adjusting to the already existing model of Russian production management, to draw up a plan for the transition to a new control system for the Russian space-rocket industry.

Система мотивации персонала в корпорации «Ростех»

Токунова А.А.
МАИ, г. Москва

В 2016 году в Корпорации была продолжена работа по совершенствованию системы мотивации и установлению сбалансированных ключевых показателей эффективности (КПЭ). Корпорация при этом ориентируется на лучшие рыночные практики в области оплаты труда и мотивации персонала и стремится им соответствовать, учитывая при этом специфику своей деятельности

Система мотивации работников корпорации «Ростех» в настоящее время направлена на стимулирование достижения структурными подразделениями и работниками Корпорации установленных ключевых показателей эффективности (КПЭ), отражающих задачи и функции структурных подразделений и работников и обеспечивающих достижение стратегических целей Корпорации, выполнение возложенных на Корпорацию функций, осуществление полномочий по соответствующим направлениям деятельности.

В соответствии с Положением о премировании была установлена зависимость размера премирования от категории должности персонала и степени влияния на достижение общекорпоративных КПЭ, оценки межфункционального взаимодействия и исполнительской дисциплины. В 2015 году впервые в рамках диалога о целях была осуществлена постановка КПЭ для непосредственных подчиненных генерального директора. В 2016 году работа по совершенствованию системы мотивации и установлению системы сбалансированных КПЭ будет продолжена.

Новая система оплаты труда и мотивации руководителей холдингов предусматривает следующие позиции:

• Уровень фиксированной заработной платы руководителей холдингов будет увеличен до среднерыночного значения в промышленном секторе;

• Доля заработанной платы в общей структуре вознаграждения увеличена с 15–30% до 50%;

• Оставшаяся часть будет выплачиваться в виде целевой премии по итогам выполнения холдингом КПЭ;

• В случае существенного перевыполнения КПЭ выплачивается дополнительное вознаграждение в размере до 10% целевой премии.

Литература:

1. Михайлов А.А., Кузьминский А.Е., Смирнова Т.С. Оценка профессиональных компетенций работников авиационной промышленности посредством методики KPI// Экономика и предпринимательство № 6 (95), 2018 г. (Vol. 12 Nom. 6)

2. Михайлов А.А., Кузьминский А.Е., Смирнова Т.С., Перепечкин М.Е. Применение методики KPI при оценке профессиональных компетенций работников авиационной промышленности//16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2017». 20–24 ноября 2017 года. Москва. – Типография «Люксор», 2017. С. 641-642.

The system of personnel motivation in State Corporation Rostec

Tokunova A.A.
MAI, Moscow

In 2016 the Corporation continued to improve the motivation system and establishing balanced key performance indicators (KPIs). The corporation at the same time is based on the best market practices in the field of labor remuneration and motivation of personnel and seeks to match them, taking into account the specifics of its activities.

The system of motivation of employees of the Rotech Corporation is currently aimed at stimulating the achievement of structural subdivisions and works of the Corporation, fulfilling the functions assigned to the Corporation, and former authorized representatives in the relevant areas of activity.

In accordance with the Regulation on raising the level of remuneration for the achievement of general corporate KPI, assessment of interfunctional interaction and performance discipline. In 2015, for the first time in the dialogue on goals, the KPI was formulated for direct subordinates of the general director. In 2016, the work of improvement of the motivation system and establish a system of balanced KPI will continue.

The new system of remuneration and motivation of the managers of the holdings of the following positions:

• The level of fixed wages of managers of holdings will be increased to the average market value in the industrial sector;

• The share of wages earned in the overall structure of remuneration will be increased from 15-30% to 50%;

• The remaining part will be paid in the form of a special bonus on the results of KPI holding;

• In case of a significant overfulfilment of KPI, an additional remuneration of up to 10% of the target premium will be paid.

References:

1. Mikhaylov A.A., Kuzminsky A.E., Smirnova T.S. Assessment of the professional competencies of aviation industry employees through the KPI methodology// Economics and Entrepreneurship No. 6 (95), 2018 (Vol. 12 Nom. 6)

2. Mikhaylov A.A., Kuzminsky A.E., Smirnova T.S., Perepechkin M.E. Using KPI methods to aviation industry employee professional competencies assessment// 16th International Conference “Aviation and Cosmonautics – 2017”.

20–24 November, 2017. Moscow. Abstracts. – Printing house “Luxor”, 2017. P/ 641-642

Влияние мотивации сотрудников на эффективность управления персоналом в аэрокосмической отрасли

Толмачева А.А.

МАИ, г. Москва

Далеко не секрет, что материальная и нематериальная мотивация кадров является одной из важнейших направлений управления персоналом. Основные ориентиры управленческой деятельности любой организации, например, материальные цели (производство продукции, товаров, изделий, услуг), цели обеспечения успеха (основные маркетинговые методы продвижения и реализации товаров и услуг, создание фирменного стиля и имиджа компании), цели обеспечения ликвидности предприятия, лучше всего выполняются мотивированными сотрудниками.

Актуальность темы для аэрокосмической отрасли может быть отмечена не сразу. Однако, мотивированный персонал важен и полезен на любом этапе развития предприятий любого типа и направленности.

Должностные обязанности работников любого уровня в аэрокосмической сфере всегда связаны со стрессом и переутомляемостью. Поэтому, очень важно обращать внимание на условия труда и мотивированность сотрудников. Если в организации уровень стимулирования и безопасности труда высок, то прямопропорционально растет и их желание работать. Вследствие чего растут финансовые показатели, стабилизируется состояние на мировом и отечественном рынках, что в свою очередь означает достижение материальных и маркетинговых целей управления персоналом.

В результате, прослеживается прямая зависимость между мотивацией кадров и эффективностью управления персоналом.

Литература:

1. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

2. Федотова М.А., Тихонов А.И., Новиков С.В. Оценка эффективности управления персоналом на предприятиях авиастроения // СТИН. 2017. № 12. С. 6-8.

Influence of staff’s motivation on the increase of the efficiency of staff management in aerospace industry

Tolmacheva A.A.

MAI, Moscow

That’s no secret that the material and non-material motivation of staff is one of the most important directions of staff management.

The main focus of management activities in any organization, for instance, material goals (production of products, services), goals of reaching success (the main marketing methods of promotion and sale of goods and services, the creation of corporate identity and image of the company), goals of ensuring the liquidity of the organization, are best performed by motivated employees.

The relevance of this issue for the aerospace industry cannot be noted immediately. However, motivated staff is important and useful at any stage of the development of organizations of any type and orientation.

Official duties of employees of any level in the aerospace industry are always connected with stress and fatigue. Therefore, it's very important to pay attention to working conditions and motivation of staff. If in the organization the level of stimulation and safety of work is high, staff's desire to work grows in direct proportion. As a result, financial indicators are growing, the state on the global and domestic markets is stabilizing, which shows the achievement of material and marketing goals of staff management.

As a consequence, there is a direct relation between the motivation of staff and the efficiency of staff management.

Внедрение PR-технологий в область управления персоналом организации

Тузовская О.А., Федотова М.А.
МАИ, г. Серпухов

Внедрение PR технологий в область управления персоналом организации

Персонал играет важную роль для эффективного функционирования организации. Нет такого предприятия, которое могло бы работать без персонала, так как любые другие ресурсы производятся при участии трудовых. Поэтому любая организация заинтересована в привлечении и удержании высококвалифицированных кадров.

Правильная работа PR служб организации способна сформировать привлекательный для сотрудников HR- бренд компании. PR имеет слабое отношение к функции управления персоналом в классическом его понимании, но он дополняет работу менеджера по кадрам и является инструментом создания и поддержания репутационной мотивации персонала в дополнение к материальной и социальной, которой управляет HR менеджер.

PR или связи с общественностью – это технологии создания и внедрения при общественно-экономической конкуренции образа объекта в ценностный ряд социальной группы, с целью закрепления этого образа как идеального и необходимого в жизни.

Специалистам, занимающимся PR компанией, следует понимать, что именно они продвигают: HR бренд или рыночный бренд. Основной задачей PR в управлении персоналом является представление образа организации как для сотрудников организации, так и для потенциальных кандидатов. Для этого необходимо установить доверие между сотрудниками и компанией, закрепить и развивать его.

Солидный узнаваемый бренд способен обеспечить:

• Хороший приток максимально лояльных сотрудников, дающий работодателю возможность выбора;

• Появление позитивной атмосферы, царящей внутри организации: работников устраивают условия труда, они разделяют одни и те же ценности уже со своей компанией и коллегами;

• Положительный имидж компании на рынке труда;

• Приток персонала с большей мотивацией и инициативой;

Сильный HR-бренд позволяет привлекать в компанию «правильных» людей, ценности которых совпадают с ценностями компании. Поэтому следует развивать технологии PR, которые направлены в большей степени на формирование имиджа организации, которая выступает как потенциальный работодатель.

Литература:

1. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. базовый курс. Учебное пособие / Ставрополь. – ЛОГОС. - 2018. – 108 с.

2. Шаталова М.Ю., Федотова М.А., Тихонов А.И. Инновационные подходы развития руководителей // Московский экономический журнал. 2017. № 3. С. 19.

The introduction of PR technologies in the field of human resources management of the organization

Tuzovskaya O.A., Fedotova M.A.
MAI, Serpukhov

The introduction of PR technologies in the field of human resources management of the organization.

Staff plays a major role for the effective functioning of the organization. There is no such enterprise that could work without personnel, since any other resources are produced with the participation of workforce. Therefore, any organization is interested in gaining and retaining highly qualified personnel.

Right functioning of the organization's PR services is able to form an attractive HR-brand for the employees. PR has little relevance to the function of personnel management in its classic sense, but it complements the work of the human resources manager and it is a tool for creating and maintaining staff reputational motivation in addition to the material and social motivations, which are run by HR manager.

PR which means public relations are technologies for creating and introducing an image of an object into values of a social group in a socio-economic competition, in order to consolidate this image as an ideal and essential in life.

Professionals involved in the PR company should understand what they promote: HR-brand or market brand. The main goal of PR in personnel management is to provide an image of the organization both for the employees of the organization and for potential candidates. For this, it is necessary to establish trust between employees and the company, to consolidate and develop it.

A substantial recognizable brand is able to provide:

• A good influx of highly loyal employees, giving the employer a choice;

• The emergence of a positive climate that prevails in the organization: workers are satisfied with the working conditions, they already share the

• Same values with their company and colleagues;

• Positive image of the company in the labor market;

• Staff with more motivation and initiative;

A strong HR-brand allows company to attract "right" people, whose values coincide with the values of the company. Therefore, it is necessary to develop technologies of PR, which are aimed more at forming the image of the organization as a potential employer.

References:

1.Kraev V. M., Fedotov M. A., Tikhonov A. I. personnel Management of aerospace industry. basic course. Study guide / Stavropol. – LOGO. - 2018. - 108 p.

2.Shatalov M., Fedotov M. A., Tikhonov A. I. the Innovative approaches of leadership development // the Moscow economic journal. 2017. No. 3. P. 19.

Принципы управления персоналом в контексте удалённых трудовых отношений

[1]Уханов Д.С., [2]Уханов Д.С., [2]Истратий А.Ю.
[1]МАИ, г. Москва; [2]МГОУ, г. Мытищи

Управление персоналом постоянно развивается. По нашему мнению, необходимо раскрывать такие принципиальные изменения в управлении персоналом, как удалённые трудовые отношения, так как это способствует повышению качества управленческих решений [1].

По данным агентства J'son & Partners Consulting, через два года 20% сотрудников в РФ будут трудиться удалённо. Количество дистанционно работающих в России, в 2014 году составило примерно 2,53 млн. человек против 2,3 млн. в 2013 году, оценили аналитики J'son & Partners Consulting.

Всего в России численность трудящегося населения составляет около 68 млн. человек, согласно данным Федеральной службы государственной статистики. Следовательно, доля удаленно работающих сотрудников в 2014 году составила около 4%.

Наибольшие доли удалённых сотрудников в следующих отраслях: ретейл, телекоммуникационная отрасль, промышленность, строительные и ИТ-компании. Согласно оценкам специалистов, сотрудник, работающий удалённо и обеспеченный необходимыми условиями, будет экономить компании 170 тыс. руб. в год. Совокупный экономический эффект от удалённых трудовых отношений в России уже составляет 68 млрд. руб. в год [2].

Подводя итоги необходимо подчеркнуть актуальность дальнейшего исследования и анализа удалённых трудовых отношений, так как в связи с цифровизацией методология управления персоналом значительно меняется.

Список литературы:

1. Истратий А.Ю., Козлова Е.Г. Кадровые технологии в менеджменте: теория и практика: Учебное пособие. -М.: ИИУ Московского государственного областного университета, 2013 -160 с.

2.Электронный https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/06/2015/5580515f9a7947e7bf4bfc99 (дата обращения 08.09.2018)дата обращения 08.09.2018)

The principles of HR in the context of remote labor relations

[1]Berezovikova Y.S., [2]Ukhanov D.S., [2]Istratij A.Y.

[1]MAI, Moscow; [2]MRSU, Mytishchi

HR sustainably develops therefore in our opinion it is necessary to describe main changes in this field as Remote Labor Relations because it contributes to Improvement of Quality of Management's Decisions [1].

According to J'son & Partners Consulting agency in Two Years 20% of Workers in Russia will work remotely. Therefore the Share of Remotely Working People in 2014 was about 4%.

The largest Shares of Remote Employees in the Following Industries: Retail, Telecommunication, Industry, Construction and IT companies. According to Experts the Employee Working remotely and provided with Necessary Conditions will save for Company about 170 thousands Rubles per Year. The Total Economic Effect of Remote Labor Relations is already 68 billion Rubles a Year [2].

In Conclusion it is necessary to emphasize relevance of further Studies and Researches of Remote Labor Relations since in connection with Digitalization the Methodology of HR is notably changing.

References:

1. Istratij A.YU., Kozlova E.G. Kadrovye tekhnologii v menedzhmente: teoriya i praktika: Uchebnoe posobie. -M.: IIU Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta, 2013 -160 s.

2. https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/06/2015/5580515f9a7947e7bf4bfc99

Минимализация вероятности обмана со стороны соискателя

Фомина А.С., Краев В.М.

МАИ, г. Москва

В последние годы число, а также масштаб экономических преступлений прогрессирует.

Кадровая безопасность теперь является важнейшей составляющей экономической безопасности. Тем более в авиационно-космической отрасли, где человеческий фактор несёт за собой риски намного выше нежели в других отраслях.

Целью отдела HR является принятие мер по минимализации обмана и недисциплинированности со стороны соискателя на этапах проверки при приеме на работу.

С тем чтобы избежать приёма работников, не соответствующих требованием предприятия, должен быть сформулирован точный алгоритм проверок кандидатов на должность.

Проверка при приёме на работу должна содержать ряд мероприятий по комплексному и объективному анализу соискателя, а также выявлении принадлежности к группе риска. Принципиально важно соотношение алгоритма проверки с требованиями к соискателю на конкретную должность. То есть высокая должность должна требовать более глубокой и тщательной проверки.

Этот процесс включает следующую совокупность приемов: 1) анализ данных, полученных из анкет 2) тестирование знаний. Представляется таким образом, чтобы определить тип личности, профессиональные навыки и способность к обучению. 2.1 экспертиза почерка. Метод основан на том, что человек является объективным отражением его личности. 3) собеседование соискателя, определение психологического профиля. Во время собеседования необходимо наблюдать за поведением кандидата. Насколько достоверно изложит соискатель информацию о себе, настолько мы можем быть уверенны в его честности и дисциплинированности. 4) проверка информации о соискателе.

Главное, что противодействие обману заключается в понимании психологических причин обмана. Составление полного психологического портрета позволит не набирать сотрудников с негативным профилем.

Minimizing the likelihood of fraud on the part of the applicant

Fomina A.S., Kraev V.M.
MAI, Moscow

In recent years, the number and scale of economic crime have progressed.

Personnel security is now an essential component of economic security, especially in the aerospace industry, where the human factor carries the risks that are much higher than in other industries.

The aim of the HR department is to take measures to minimize deception and indiscipline on the part of job seeker during the verification stages when applying for a job.

Also, an exact procedure for verification candidates' qualification should be formulated in order to avoid hiring workers who do not meet the requirements of the enterprise, Verification during the process of employment must contain several steps for a comprehensive and objective analysis of the applicant, as well as identification of his belonging to a risk group. Likewise, the correspondence of verification algorithm to the requirements to the position set for the applicants is fundamentally important. That is, a high position should require a more thorough and rigorous examination.

This process includes the following set of techniques: 1) analysis of data obtained from questionnaires 2) knowledge assessment. It is presented in such a way as to determine the type of personality, professional skills and educability. 2.1 handwriting examination. The method is based on the fact that a person is an objective reflection of his personality. 3) interview with the applicant, the definition of his psychological profile. During the interview it is necessary to observe the behavior of the candidate. We can be sure of his honesty and discipline just as far as how reliable the applicant's information about himself is. 4) verification of information about the applicant.

The main thing is that countering deception lies in understanding of the psychological causes of deception. Drawing up a full psychological portrait is a way to avoid recruiting of employees with negative profiles.

Оценка эффективности адаптации молодых специалистов в системе развития кадрового потенциала предприятия

Фролов В.П., Некрасова О.В., Яковлева А.В., Обручева Е.В.
НПП «Квант», г. Москва

Для решения масштабных задач, стоящих перед космической отраслью, необходимо проводить грамотную кадровую политику и кадровую работу, в том числе, по сохранению и преумножению конструкторского и инженерно-технического кадрового потенциала [1].

Управление персоналом является процессом действующей системы менеджмента качеством на предприятии. Планирование деятельности, анализ и улучшение касаются и направления работы с молодыми специалистами.

Как и многие предприятия ракетно-космической отрасли, АО «НПП «Квант» столкнулось с проблемами недостатка молодых кадров. В течение нескольких лет в отдельных подразделениях АО «НПП «Квант» апробировались способы привлечения и закрепления на предприятии молодых выпускников вузов. В настоящее время формируется системный подход к данному процессу и создается внутренняя нормативная база. Такие направления, как организация работы Совета молодых специалистов, наставничество, разработка механизмов адаптации молодых работников, формирование кадрового резерва, являются отдельными подпроцессами процесса управления персоналом. В рамках создаваемой системы развития кадрового потенциала предприятия вопросы эффективности адаптации, как части общей профессиональной подготовки молодых работников, являются для предприятия первостепенными.

Применяемые механизмы оценки процесса адаптации и, соответственно, полученные результаты позволяют принимать грамотные управленческие решения, способствующие:

• Снижению дискомфорта первых дней работы;

• Формированию позитивного образа организации;

• Уменьшению стартовых издержек за счет уменьшения сроков достижения молодым специалистом установленных стандартов выполнения работ;

• Сокращению текучести кадров;

• Экономии времени непосредственного руководителя и рядовых работников;

• Объективной оценки уровня квалификации и потенциала работника.

Применяемый подход формирует у молодых людей с первых дней работы ответственность за результаты своего труда, вовлеченность и погруженность в рабочий процесс, способствует качественному усвоению молодыми сотрудниками профессиональных навыков и укрепляет систему наставничества. Позитивный опыт использования адаптационных механизмов был получен в АО «НПП «Квант» при участии выпускников МАИ.

Литература

1. https://www.roscosmos.ru/25329/ от 27.07.2018г

Evaluation of the effectiveness of the young specialists adaptation in the system of development of the enterprise personnel potential

Frolov V.P., Nekrasova O.V., Yakovleva A.V., Obrucheva E.V.
RPE “Kvant”, Moscow

In order to fulfill the space industry ambitious plans, it is important to focus on competent Human Resource (HR) policy and work, including not only retention, but also increasing industry’s design and engineering capacity [1].

Personnel management is the process of actual quality management system at the enterprise. Planning, analysis and improving of activity relate to work direction with young specialists also.

Like many enterprises in the rocket and space industry, JSC "NPP" Kvant" faced the problems of lack of young personnel. For several years in some units of JSC "NPP "Kvant" the ways of attracting and fasten in the enterprise of the young graduates of universities were tested. At present time, a systematic approach to this process and an internal regulatory framework are being formed. Such areas as organization of young specialists council work, tutorship, development of young personnel adaptation mechanism, personnel reserve formation are the particular subprocesses of the personnel management process. Within the framework of the created system of the personnel potential enterprise development the issues of the effectiveness of adaptation, as the part of the young workers overall vocational training, are paramount for the enterprise.

Applied mechanisms for assessing the adaptation process and, accordingly, the results obtained, allow us to make competent management decisions that contribute to:

• Reducing the discomfort of the first days of work;
• The formation of a positive image of the organization;
• A reduction in start-up costs due to a reduction in the deadlines for the young specialist to reach the established performance standards;
• Reduction of staff turnover;
• Saving the time of the direct leader and rank-and-file workers;
• An objective assessment of the skill level and the potential of the employee.

The applied approach forms responsibility for the results of the young people work from their first days of work, involving and dipping into the work process, promotes the quality assimilation of professionals skills by young people and strengthens the system of mentoring. Positive experience in the use of adaptation mechanisms was obtained in JSC "NPP "Kvant" with the participation of graduates of the MAI.

References:
1. https://www.roscosmos.ru/25329/ from 27.07.2018

Основные направления устойчивого развития аэрокосмической отрасли

[1]Хохлова Д.С., [2]Камышников И.Н., [1]Смирнова Т.С.
[1]МАИ, [2]МГИМО, г. Москва

Целью социальной ответственности является содействие устойчивому развитию бизнеса и мирового сообщества. В условиях рыночной экономики организации во всем мире и их заинтересованные стороны все больше осознают потребность в социально ответственном поведении и его преимуществах. Корпоративная социальная ответственность КСО (англ. Corporate social responsibility, CSR) отвечает специфике и уровню развития корпорации, которая добровольно вырабатывает совокупность обязательств, согласовав их с заинтересованными сторонами, выполняемых в основном за счет средств корпорации и нацеленных на реализацию внутренних и внешних социальных программ.

Одним из наиболее важным кластером государственной корпорации «Ростех» является авиационный комплекс, сосредоточивший в себе компетенции в разработке и производстве двигателей, авионики, авиационных агрегатов и вертолётной техники, обеспечивающий около половины совокупной выручки. «В соответствии с актуализированной стратегией, миссией Ростеха является повышение качества жизни людей через создание высокотехнологичных «умных» продуктов»

В годовом отчете государственной корпорации «Ростех» за 2017 год по направлению устойчивого развития рассматриваются: кадровая политика, социальная ответственность, направленная на повышения качества жизни работников, повышение конкурентоспособности на рынке труда, развитие долгосрочных программ, охватывающих значимые направления социального обеспечения работников. К таким долгосрочным программам относятся: жилищная программа, добровольное медицинское страхование, государственное пенсионное обеспечение, санаторно-курортное обслуживание, охрана труда и промышленная безопасность, научные и образовательные проекты, спортивные проекты и другие.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 01.04.2016 № 147 «О Национальном плане противодействия коррупции на 2016–2017 годы» в корпорации был разработан план противодействия коррупции, государственной корпорации «Ростех» в соответствии с требованиями Федерального закона № 7 «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года. Вся политика в области социальной ответственности способствует созданию положительного имиджа Корпорации как социально-ответственного работодателя, устойчивому развитию не только корпорации, но и страны.

The main directions of sustainable development of the aerospace industry

[1]Khokhlova D.S., [2]Kamyshnikov I.N., [1]Smirnova T.S.
[1]MAI, [2]MGIMO, Moscow

The goal of social responsibility is to promote the sustainable development of business and the world community. In a market economy, organizations around the world and their stakeholders are increasingly aware of the need for socially responsible behavior and its benefits. Corporate social responsibility (CSR) corresponds to the specifics and level of development of the corporation, which voluntarily develops a set of obligations, having coordinated them with stakeholders, carried out mainly at the expense of the corporation and aimed at implementing internal and external social programs.

One of the most important clusters of the state corporation Rostech is the aviation complex, which has concentrated its competence in the development and production of engines, avionics, aircraft assemblies and helicopter equipment, which provides about half of the total revenue. "In accordance with the actualized strategy, the mission of Rostech is to improve the quality of people's lives through the creation of high-tech" smart "products".

In the annual report of the state corporation Rostech, for the year 2017, on the direction of sustainable development are considered personnel policy, social responsibility aimed at improving the quality of life of employees, increasing competitiveness in the labor market, developing long-term programs covering significant areas of social security for workers. Such long-term programs include: housing program, voluntary medical insurance, state pension, free hospital and health resort services, labor protection and industrial safety, scientific and educational projects, sports projects and so on.

In accordance with the Decree of the President of the Russian Federation No. 147 dated 01.04.2016 "On the National Plan for Combating Corruption for 2016-2017", the state corporation Rostech in accordance with the requirements of Federal Law No. 7 "On Environmental Protection", January 10, 2002 developed a plan to fight corruption. The entire policy in the field of social responsibility contributes to the creation of a positive image of the Corporation as a socially responsible employer, the sustainable development of not only the corporation, but also the country.

Коммуникационные ошибки, потенциальные репутационные риски и новые тенденции при онлайн-развитии бренда работодателя

Хромова С.А.
МАИ, г. Москва

Первое знакомство со своим будущим работодателем сейчас чаще всего начинается с его странички на портале с вакансиями или сайта и социальных сетей. Потенциальный кандидат, как правило, не ленится и старается изучить официальный сайт, новости о компании, посмотреть первые страницы поисковиков и найти побольше о компании на форумах с отзывами бывших и текущих сотрудников. Молодежь готова тщательно изучить потенциального работодателя, чтобы получить real user experience и представление о работе у вас еще до подачи резюме.

По сути первое впечатление о вас, как о работодателе, произведет именно ваш «сетевой портрет» - состоящий, как из тщательно подготовленной вами информации, статей и официальных новостей, так и из неконтролируемого облака соцсетей, слухов, отзывов и, возможно, даже медиа-скандалов и других резонансных событий с вашим участием, которое вы предпочли бы забыть, но Интернет не забывает.

При развитии своего бренда работодателя очень важно уделить внимание вашему онлайн-бренду. Выделить отдельную стратегию его развития и диагностику.

Ниже приводятся лишь некоторые, но довольно значительные сигналы о том, что с вашим онлайн HR брендом что-то пошло не так.

1) Ваши спикеры и медийные лица не разделяют ценности компании. и их действия и медийная активность идет вразрез с выстроенным представлении о компании.

2) Вы выстраиваете коммуникацию не на тех площадках, или же контент не соответствует площадке размещения. Разные площадки, даже разные социальные медиа требуют разного подхода и контента.

3) Ваши сотрудники были вовлечены в крупный медийный скандал, или же оконфузились на горячей теме на текущей повестке дня. Именно это событие будет в выдаче всех поисковиков по запросу «работники компании X».

4) Ваши спикеры или сотрудники публично яро поддержали или резко осудили какую-либо сторону в актуальном споре/общественно-политической ситуации/прокомментировали резко резонансное событие. Это может отпугнуть часть потенциальных сотрудников с другими взглядами.

5) В социальных сетях ваших сотрудников много информации о неудовлетворительных условиях работы, высмеивание своей компании или слухов и сплетен про руководство. Неформальное мнение работников не поддерживает выстроенный привлекательный бренд.

6) В социальных медиа сотрудников содержится информация, которая говорит об их некомпетентности, несоблюдении техники безопасности, наплевательскому отношению к работе, подчеркнута ее неважность и не интересность.

Communication errors, potential reputational risks and new trends in the online development of the employer branding

Khromova S.A.
MAI, Moscow

A potential candidate, as a rule, is not lazy and tries to surf the official site, news about the company, see the first pages of Google and find more about the company on forums with feedback from former and current employees. Young people are ready to carefully study the potential employer to get a real user experience and an prediction of what the working in you company is before submitting curriculum vitae

In fact, the first impression of you, as an employer, will be made by your "network portrait" - consisting, as from carefully prepared information, articles and official news, and from an uncontrollable cloud of social networks, rumors, reviews and, possibly, even media- scandals and other resonant events with your participation, which you would prefer to forget, but the Internet does not forget.

In developing your employer branding, it is very important to pay attention to your online brand. Identify a separate strategy for its development and diagnosis.

Below are just a few, but rather significant signals that with your online HR brand something went wrong.

1) Your speakers and media people do not share the company's values. and their actions and media activity runs counter to the built-in view of the company.

2) You build communication not on those sites, or the content does not match the placement site. Different sites, even different social media require different approaches and content.

3) Your employees were involved in a major media scandal, or embarrassed on a hot topic on the current agenda. This event will be in the issuance of all search engines on the request of "employees of company X".

4) Your speakers or employees publicly supported or sharply condemned any party in an actual dispute / socio-political situation / commented on a dramatically resonant event. This can scare off some of the potential employees with other views.

5) In the social networks of your employees there is a lot of information about unsatisfactory working conditions, making fun of your company or rumors and gossip about leadership. Informal opinion of employees does not support the built attractive brand.

6) The social media employees contain information that indicates their incompetence, non-compliance with safety regulations, disregard for work, stressed its unimportance and not the interest.

Основные ошибки при разработке индивидуального плана развития сотрудников

Чекан А.А., Матюнин Л.В., Симакова В.С.
МАИ, г. Москва

Составлению индивидуального плана развития (ИПР) предшествует оценка исполнения обязанностей, одним из этапов которой является оценочное собеседование руководителя с подчиненным. В ходе такой встречи сотрудник узнает от руководителя оценку своей текущей работы и производительности, то есть между ним и начальником устанавливается обратная связь.

Для более эффективной обратной связи необходимо избегать следующих ошибок при разработке ИПР:

1. Цель звучит масштабно и обтекаемо, но что именно нужно развивать, непонятно.
2. Управленец и его вышестоящий руководитель по-разному понимают, какого результата нужно достичь.
3. В план развития управленцу включили слишком много навыков.
4. В плане много мероприятий, рассчитанных на приобретение теоретических знаний.
5. Неясно, как оценивать, развил ли управленец необходимую компетенцию.
6. Управленец не понимает, для чего ему развивать новые навыки, где он сможет их применять.

В итоге необходимо отметить, что цель развития сотрудника и ожидаемые результаты надо формулировать четко и однозначно. Не следует включать в план развития много навыков. Достаточно четырех, которые относятся к одной компетенции, и сможет ли управленец применять навыки на новой должности. Если компетенция сложная, необходимо уточнить, к каким результатам должен прийти сотрудник, когда срок ИПР истечет.

Литература:

1. Алленова П.С., Чекан А.А. Обучение и развитие персонала в Германии: зарубежный опыт//В книге: Управление персоналом аэрокосмической отрасли Электронный ресурс. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 4-6.
2. Гусева В.А., Чекан А.А. Инструменты развития персонала организации//В книге: Управление персоналом аэрокосмической отрасли Электронный ресурс. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 21-22.
3. Чекан А.А., Матюнин Л.В. Особенности обучения персонала на различных этапах жизненного цикла организации//Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. № 2. С. 188-195.

The main mistakes when developing the individual development plan for employees

Chekan A.A., Matyunin L.V., Simakova V.S.
MAI, Moscow

Drawing up the individual development plan is preceded by assessment of fulfillment of duties, one of stages of which is the estimated interview of the head with the subordinate. During such meeting the employee learns assessment of the current work and productivity from the head, that is between him and the chief feedback is established.

For more effective feedback it is necessary to avoid the following mistakes in developing the individual development plan:

1. The purpose sounds on a substantial scale and vaguely, but that needs to be developed, unclear.
2. The manager and his higher head differently understand what result needs to be achieved.
3. To the manager have included too many skills in the development plan.
4. In respect of many actions, the theoretical knowledge calculated on acquisition.
5. Not clearly, how to estimate whether the manager has developed necessary competence.

6. The manager doesn't understand for what to him to develop new skills where he will be able to apply them.

As a result it should be noted that the purpose of development of the employee and the expected results should be formulated accurately and unambiguously. It isn't necessary to include many skills in the development plan. There is enough of four which are within one competence and whether the manager will be able to apply skills at a new position.

References:

1. Allenova P. S., Chekan A.A. Training and development of personnel in Germany: foreign experience//In the book: Human resource management of space branch Electronic resource. Collection of theses of reports of a scientific and practical conference Moscow aviation institute (national research university). 2016. Page 4-6.

2. Guseva V. A., Chekan A.A. Instruments of development of personnel of the organization//In the book: Human resource management of space branch Electronic resource. Collection of theses of reports of a scientific and practical conference Moscow aviation institute (national research university). 2016. Page 21-22.

3. Chekan A.A., Matyunin L.V. Features of training of personnel at various stages of life cycle of the organization//the Bulletin of the Moscow state regional university. Series: Economy. 2018. No. 2. Page 188-195.

Проблемы и перспективы программно-алгоритмического обеспечения управления международными образовательными бизнес-проектами в цифровом образовании

[1]Чижиков С.Н., [1]Тихонов А.И., [2]Инь Бинь

[1]МАИ, [2]Русско-Китайский Центр, г. Москва

Актуальный доклад Совместного исследовательского центра Европейской комиссии (GRT, 2017) был посвящен применению технологии блокчейн в образовании. Эксперты представили исследования, проведенные в нескольких ведущих университетах. Блокчейн – это некоррупционная цифровая книга с транзакцией, в которой может быть запрограммировано на запись не только экономические транзакции, но и практически всех других активов, информация не хранится в одном месте, а распределена между миллионами компьютерами. Блокчейн позволяет создать сеть с самоконтролем и сверхвысоким уровнем прозрачности. Технология позволяет принципиально изменить систему образования. Разумеется, блокчейн не идеален, в технологии есть очевидный недостаток, связанный не только с хакерскими атаками, н и с логическими ошибками – пресловутый человеческий фактор. С одной стороны, блокчейн является эффективным инструментом управления, разрушающим надстройки, связанные с госрегулированием, мониторингом и сливом личных данных. С другой стороны, эта технология требует очень высокой квалификации персонала и ответственного поведения пользователей. Еще одной серьезной проблемой является недостаточное правовое регулирование, явно неуспевающие за современными технологиями.

Разработанная авторами иерархическая система моделей информационно-аналитического обеспечения управления международными образовательными бизнес-проектами (МОБП), позволяет перейти к этапу алгоритмизации и автоматизации. Применение технологии «Блокчейн» в мультиагентных экспертных системах принятия решений предполагает работу с единым креативным полем (ЕКП) команды проекта. Единое креативное поле в процессе стратегирования должно соответствовать множеству определенных параметров.

Результативность создаваемого ЕКП во многом будет зависеть от соответствия выбранной IT-платформы решаемым в системе задачам.

Следует отметить важность защиты информации, обрабатываемой в процессе стратегирования. Несанкционированное изменение, повреждение или утрата информации влечет за собой: увеличение времени принятия решения (маневрирования) в VUCA-мире, принятие неверного решения или срыв процесса принятия решения.

В концепции ЕКП блокчейн может быть применен и в качестве распределенной базы данных (базы знаний), в которой будет храниться вся ключевая информация, необходимая для принятия решений. Степень детализации этих данных зависит в основном от мощности используемой IT-платформы.

Problems and prospects of program-algorithmic support of the management of international educational business projects in digital education

[1]Chizhikov S.N., [1]Tikhonov A.I., [2]Yin Binh
[1]MAI, [2]Russian-Chinese Centre, Moscow

The current report of the Joint research center of the European Commission (GRT, 2017) was devoted to the application of blockchain technology in education. Experts presented studies conducted at several leading universities. Blockchain is a non-corrupt digital Ledger with a transaction in which not only economic transactions can be programmed to record, but also virtually all other assets. Information is not stored in one place, but is distributed among millions of computers. Blockchain allows you to create a network with self-control and ultra-high level of transparency. The technology makes it possible to fundamentally change the education system. Of course, the blockchain is not perfect, the technology has an obvious drawback, associated not only with hacker attacks, but also with logical errors – the notorious human factor. On the one hand, the blockchain is an effective management tool that destroys add-ons related to state regulation, monitoring and draining of personal data. On the other hand, this technology requires highly qualified personnel and responsible user behavior. Another serious problem is the lack of legal regulation, which is clearly not keeping pace with modern technologies.

The hierarchical system of models of information and analytical support of management of international educational business projects (IBP), developed by the authors, allows to move to the stage of algorithmization and automation. The use of Blockchain technology in multi-agent expert decision-making systems involves working with a single creative field (ECP) of the project team. A single creative field in the process of strategizing should correspond to a set of certain parameters.

The effectiveness of the created ECP will largely depend on the compliance of the chosen IT-platform with the tasks solved in the system.

It should be noted the importance of protecting the information processed in the process of strategizing. Unauthorized change, damage or loss of information entails: an increase in the time of decision-making (maneuvering) in the VUCA-world, making the wrong decision or failure of the decision-making process.

In the concept of ECP blockchain can be used as a distributed database (knowledge base), which will store all the key information necessary for decision-making. The level of detail of this data depends mainly on the capacity of the IT-platform used.

Адаптация сотрудников в организациях аэрокосмической промышленности

Чунина М.Е., Тихонов А.И.
МАИ, г. Москва

Аэрокосмическая отрасль имеет важное значение для развития России. Организации, работающие в этой отрасли, проводят политику, направленную на расширение исследовательской базы отрасли, развивают международные связи со странами-лидерами отрасли. Кроме того, аэрокосмическая отрасль является стратегически значимой, поскольку выполняет системообразующую роль в экономике, предприятия отрасли обеспечивают защиту интересов Российской Федерации в оборонной и военно-политической сферах, представляют частно-государственные корпоративные структуры, кластеры взаимосвязанных предприятий, научно-исследовательские центры, реализующие региональные и внешнеполитические задачи.

С позиции управления персоналом, руководителям организаций, важно решать вопросы адаптации персонала и развития кадров. Это позволяет более быстро вовлекать сотрудника в рабочий процесс и способствует включению в культуру организации.

Задачи адаптации предполагают: знакомство с организацией (с целями, руководителем, коллегами), поиск и апробирование эффективных поведений, принятие/сплочение, поиск смысла работы и поддержание внутренней гармонии. В этой связи адаптация в аэрокосмической отрасли часто начинается со знакомством с традициями и культурой организации и историей развития отрасли.

Другая важная задача – оценить результаты адаптации нового сотрудника и определять критерии эффективности адаптации в целом.

Как правило, адаптация прошла эффективно, если сотрудник достиг по производительности результатов коллег, выполнил цели испытательного срока и качественно выполняет функциональные задачи, систематически решает новые задачи, берет на себя ответственность за новую деятельность, готов к новым проектам и целям организации, а также ему удалось выстроить хорошие отношения с коллективом.

Литература:

1. Федотова М.А., Тихонов А.И., Новиков С.В. Оценка эффективности управления персоналом на предприятиях авиастроения // СТИН. 2017. № 12. С. 6-8.

2. Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли // Учебное пособие / Москва, 2017.

3. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

Adaptation of employees in the aerospace industry organizations

Chunina M.E., Tikhonov A.I.

MAI, Moscow

The aerospace industry is of great importance for the development of Russia. The organizations working in this industry pursue a policy aimed at expanding the research base of the industry, developing international relations with the leading countries of the industry. In addition, the aerospace industry is strategically important, since it plays a backbone role in the economy, the industry provides protection of the interests of the Russian Federation in the defense and military-political spheres, represents private-state corporate structures, clusters of interconnected enterprises, research centers that implement regional and foreign policy tasks. From the position of personnel management, heads of organizations, it is important to address the issues of staff adaptation and staff development. This allows you to more quickly involve the employee in the workflow and contributes to the inclusion in the culture of the organization. Adaptation tasks involve: getting to know the organization (with goals, leader, colleagues), finding and testing effective behaviors, accepting / consolidating, finding work sense and maintaining inner harmony. In this regard, adaptation in the aerospace industry often begins with an acquaintance with the traditions and culture of the organization and the history of the development of the industry. Another important task is to evaluate the results of the adaptation of the new employee and determine the criteria for the effectiveness of adaptation in general. As a rule, adaptation was effective if the employee achieved the results of colleagues in performance, fulfilled the objectives of the probation period and performed qualitative tasks, systematically solves new tasks, takes responsibility for new activities, is ready for new projects and the goals of the organization, and also succeeded build a good relationship with the team.

Формирование индивидуального рабочего стиля руководителя

Шабаева Р.В., Семина А.П., Федотова М.А.

МАИ, г. Москва

В современном мире работа любой организации зависит от стиля управления руководителя. Стиль управления - система взаимодействия руководителя с подчиненными для решения поставленных задач и достижения целей компании. Существуют различные стили управления: авторитарный, демократический, либеральный. Авторитарный стиль управления - единоличный и требовательный способ управления. Демократический стиль

- управление, при котором все задачи и их решение обсуждаются с коллективом. Либеральный стиль руководства - управление, при котором работнику предоставляется полная свобода в своих решениях и действиях.

Каждый стиль управления характерен для организаций конкретного вида. Например, для руководителей государственных учреждений характерен в наибольше степени авторитарный стиль управления. Для коммерческих организаций – демократический или либеральный.

Индивидуальный стиль руководства - смешанный стиль руководства, который включает в себя все три классических типа и профессиональные, психологические и личностные качества руководителя. Формируя свой стиль, руководитель в первую очередь должен добиться полного взаимопонимания с работниками.

Так выдающийся управленец и изобретатель Илон Маск разработал свой индивидуальный стиль управления, в котором перекликаются все типы руководства. Илон Маск, работая с людьми, всегда интересуется их мнением, если мнение отрицательно, то он, со своей командой, сообща пытается найти выход из критичной ситуации, чтобы создать только положительное мнение об их деятельности. Илон Маск всегда учитывает способности работников, чтобы сделать продуктивной их работу. Илон Маск выбирает лучших из лучших, и к тому, кого он выбрал, относится доверительно. Так он добился успехов в аэрокосмической сфере, открыв свою компанию по производству космической техники.

Литература:

1) Алексеева П.А., Федотова М.А., Тихонов А.И. Ключевые факторы успеха руководителя предприятия ракетно-космической промышленности // Московский экономический журнал. - 2017. - №1. - С.1.

2) Куприенко Ю.С., Федотова М.А. Роль руководителя в реализации инновационного потенциала предприятия ракетно-космической промышленности // Управление персоналом аэрокосмической отрасли. - Ставрополь: Центр научного знания "Логос" (Ставрополь), 2016. - С.47-48.

3) Шаталова М.Ю.,Федотова М.А.,Тихонов А.И. Инновационные подходы развития руководителей // Московский экономический журнал. -2017.-№3.-С.19

Formation of individual working style of the manager

Shabaeva R.V., Semina A.P., Fedotova M.A.
MAI, Moscow

In today's world, the work of any organization depends on the management style of the head. Management style is a system of interaction between a Manager and subordinates to solve tasks and achieve company goals. There are different styles of governance: authoritarian, democratic, liberal. Authoritarian management style - and demanding sole control method. Democratic style-management, in which all tasks and their solution are discussed with the team. The liberal style of management-management, in which the employee is given complete freedom in their decisions and actions.

Each management style is specific to a particular type of organization. For example, heads of state institutions are characterized by the most authoritarian management style. For commercial organizations – democratic or liberal.

Individual management style-mixed management style, which includes all three classic types and professional, psychological and personal qualities of the head. Forming the style, the head first of all has to achieve full mutual understanding with workers.

So outstanding Manager and inventor Elon Musk has developed his own individual management style, which echoes all types of leadership. Elon Musk, working with people, always interested in their opinion, if the opinion is negative, he, with his team, together trying to find a way out of a critical situation to create only a positive opinion about their activities. Elon Musk always takes into account the ability of employees to make their work productive. Elon

Musk chooses the best of the best, and to whom he chose, is confidential. So he achieved success in the aerospace sector, opening his company for the production of space technology.

References:

1) Alekseyeva P. M., Fedotov, and Tikhonov, A. I. the Key factors of success of the rocket and space industry, the head of the enterprise. / Moscow economic journal. - 2017. - №1. - P.1.

2) Kuprienko S. Yu.,Fedotov M. A. the role of the Manager in realising the innovative potential of enterprises of rocket and space industry // management of the staff of the aerospace industry. - Stavropol: center of scientific knowledge "Logos" (Stavropol), 2016. - P.47-48.

3) Shatalov M., Fedotov M. A.,Tikhonov A. I. the Innovative approaches of leadership development // the Moscow economic journal.-2017.- №3.-P.19.

Исследование вопросов повышения эффективности управленческого учета

Шаимов М.А., Бурдина А.А.

МАИ, г. Москва

Технология блокчейн в настоящее время находится на стадии развития, она дорабатывается, возможности дополняются. Одно из последних предложений в развитии – использовать компьютерные алгоритмы с пользовательскими интерфейсами для проведения сделок в области электронной коммерции. Создание так называемых смарт-контрактов.

В нецифровой экономике, в связи с недоразвитостью этого направления, сложные смарт-контракты не используются. Однако, анализ показывает, что растет число контрактов, которые перенесены в программный код. Потенциальные возможности использования смарт-контрактов обширны — от простой мультиподписи до операций с производными финансовыми инструментами. К наиболее перспективным сферам применения смарт-контрактов многие эксперты относят финансовый рынок (банковские услуги, страхование, торговлю деривативами), бухгалтерский учет и аудит, управление цепями поставок и логистику, регистрацию прав собственности, всевозможные голосования, умный транспорт, цифровую идентификацию личности и т. д.

Использование смарт-контрактов позволяет многие виды договорных отношений сделать частично или полностью самовыполняемыми. Лежащая в основе умных контрактов криптография обеспечивает более высокий уровень безопасности, чем традиционные контракты, основанные на праве. Смарт-контракты могут снижать транзакционные издержки, а также исключать риски неоднозначных трактовок условий или несправедливых решений судов, бюрократические, коррупционные риски.

Особая проблема в том, что некоторые смарт-контракты являются менее гибкими по сравнению с обычными контрактами. Попадающие в блокчейн сведения невозможно в дальнейшем изменить, поэтому исключительно важно соблюдать точность и достоверность исходной информации, а также не допустить ошибок при вводе данных. Недостаток состоит в том, что проблемы решаются каждой платформой решаются по-разному. Это даёт возможность выбора наиболее подходящего инструмента и благодаря этому, в скором времени традиционные контракты уступят цифровым за реализацией которых следит искусственный интеллект. Развитие и внедрение смарт-конртактов рассматривается как направление совершенствования управленческого учета промышленных предприятий.

Research on improving the efficiency of management accounting

Shaimov M.A., Burdina A.A.

MAI, Moscow

Blockchain technology is currently at the stage of development, it is being finalized, the possibilities are being supplemented. One of the latest proposals in the development is to use computer algorithms with user interfaces for transactions in the field of e-Commerce. Creation of so-called smart contracts.

In the non-digital economy, due to the underdevelopment of this area, complex smart contracts are not used. However, the analysis shows that the number of contracts transferred to the program code is growing. The potential use of smart contracts ranging from simple multipurpose to operations with derivative financial instruments. The most promising areas of application of smart contracts, many experts include the financial market (banking, insurance, derivatives trading), accounting and auditing, supply chain management and logistics, registration of property rights, all kinds of voting, smart transportation, digital identification, etc.

The use of smart contracts allows many types of contractual relations to be partially or completely self-executing. The cryptography underlying smart contracts provides a higher level of security than traditional contracts based on law. Smart contracts can reduce transaction costs, as well as eliminate the risks of ambiguous interpretations of conditions or unfair court decisions, bureaucratic and corruption risks.

A particular problem is that some smart contracts are less flexible than conventional contracts. The information that gets into the blockchain can not be changed in the future, so it is extremely important to observe the accuracy and reliability of the original information, as well as to avoid errors when entering data. The drawback is that the problems are solved by each platform in different ways. This makes it possible to choose the most appropriate tool and because of this, in the near future, traditional contracts will give way to digital implementation of which is monitored by artificial intelligence. Development and implementation of smart contracts is considered as a direction of improvement of management accounting of industrial enterprises.

Разработка сценариев финансирования для проектов импортозамещения

Шаталова Е.Л., Калошина М.Н.
МАИ, г. Москва

В настоящее время одной из главных проблем является экспортно-сырьевая модель экономики Российской Федерации, существование которой делает невозможным достижение высоких позиций на мировом рынке. Недостаточный темп роста в области разработки и внедрения перспективных технологий подрывает экономическую безопасность.

Необходимо внедрение проектов импортозамещения, нацеленных на поставку более качественной продукции, вытеснение с рынка зарубежных аналогов, а также предоставление покупателям наилучшего товара по критерию цена-качество.

При финансировании проектов, многие кредиторы предъявляют индивидуальные требования к структуре бизнес-планов, проекту и самой компании, которые ужесточаются при получении займов на льготных условиях. Ниже приведено несколько вариантов финансирования, нацеленных на разработку импортозамещающих производств, расположенных в порядке ухудшения предоставляемых условий.

Собственные средства являются наилучшим сценарием, но, как правило, у компании в достаточном количестве они отсутствуют.

Программа кредитования субъектов малого и среднего предпринимательства — это государственный механизм финансовой поддержки, который реализуется Корпорацией МСП и Банком России. Предполагается возможность открытия кредитной линии на срок займа и отсрочку выплаты основного долга. Обязательным условием является ставка дисконтирования не менее 15%.

Программа «Проекты развития» Фонда Развития Промышленности – это льготная программа, реализуемая ФРП, суть которой заключается в предоставлении заемного софинансирования проектов, направленных на импортозамещение. Вариант отличается более крупной суммой займа и низкой процентной ставкой. Однако, наблюдаются жесткие требования к документации, объему продаж и доле финансирования со стороны заявителя.

Кредит «Бизнес-оборот» является классическим кредитом и предоставляется ПАО «Сбербанк» для пополнения оборотных средств, осуществления текущих расходов, а также реализации планов по развитию бизнеса. Можно получить кредит на меньшую

сумму, чем в программах, однако по стандартной процентной ставке и с дополнительными требованиями к обеспечению.

Внедрение проектов приведет к частичной реализации государственной политики, направленной на импортозамещение. В результате повысится уровень конкуренции на международном и отечественном рынке, а также будет удовлетворен растущий спрос в Российской Федерации на изделия, обладающие потенциалом импортозамещения.

Development of financing scenarios for import substitution projects

Shatalova E.L., Kaloshina M.N.
MAI, Moscow

Currently, one of the main problems is the export-raw material model of the economy of the Russian Federation, the existence of which makes it impossible to achieve high positions in the world market. Insufficient growth in the development and deployment of advanced technologies undermines economic security.

It is necessary to introduce import substitution projects aimed at the supply of better products, the displacement of foreign analogues from the market, as well as providing customers with the best goods on the criterion of price and quality.

When financing projects, many lenders impose individual requirements on the structure of business plans, the project and the company itself, which are tightened when obtaining loans on favorable terms. Below are a few financing options aimed at the development of import-substituting industries, arranged in order of deterioration of the provided conditions.

Own funds are the best scenario, but, as a rule, the company does not have enough of them.

The program of lending to small and medium — sized businesses is a state mechanism of financial support, which is implemented by the SME Corporation and the Bank of Russia. It is assumed that it is possible to open a credit line for the term of the loan and delay the payment of the principal. A prerequisite is the discount rate of at least 15%.

The "development Projects" program of the Industry Development Fund is a preferential program implemented by the FRP, the essence of which is to provide loan co-financing of projects aimed at import substitution. The option is characterized by a larger loan amount and a lower interest rate. However, there are strict requirements for documentation, sales volume and share of funding from the applicant.

Credit "Business turnover" is a classic loan and is provided by PJSC "Sberbank" for replenishment of working capital, implementation of current expenses, as well as the implementation of business development plans. You can get a loan for a smaller amount than in the programs, but at a standard interest rate and with additional collateral requirements.

Implementation of the projects will lead to partial implementation of the state policy aimed at import substitution. As a result, the level of competition in the international and domestic market will increase, and the growing demand in the Russian Federation for products with the potential of import substitution will be satisfied.

Применение систем менеджмента на предприятиях авиационной промышленности

Шатохина А.В.
МАИ, г. Москва

В нынешних условиях эффективность деятельности предприятий авиационной промышленности достигается путем внедрения систем менеджмента на основе международных стандартов.

Для определения базового перечня систем менеджмента для предприятий авиационной промышленности необходимо четкое понимание среды, в которой предприятия функционируют, поскольку каждый фактор среды предъявляет свои требования, выполнение которых определяет возможность успешного развития предприятий.

Определение среды предприятия необходимо начинать с графического представления структуры и входящих в неё факторов.

Внутренняя среда предприятия представляет собой организационную структуру. Последнее время предприятиям авиационной промышленности присущ дивизиональный тип организационной структуры. Такой тип характеризуется децентрализацией - отдельные структурные единицы наделяются самостоятельностью, ответственностью и определенным объемом функционала. Такое разграничение происходит по принципу территории или по принципу выпускаемого продукта. Все наделенные самостоятельностью единицы подчиняются, тем не менее, единому центру управления.

Предприятия авиационной промышленности должны осуществлять непрерывный мониторинг и анализ информации о внутренних и внешних факторах, а также требований, которые они предъявляют с целью выявления возможностей для повышения эффективности деятельности.

В результате анализа воздействий требований на внутреннею и внешнею среды можно сделать выводы, что:

• Для успешного функционирования внутренней среды предприятиям авиационной промышленности необходимо руководствоваться международными стандартами на системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда (ISO 4500), качества аэрокосмической промышленности (AS 9100).

• Для внешней среды на системы менеджмента качества (ISO 9001), информационной безопасности (ISO/IEC 27001) и экологического менеджмента (ISO 14001).

Предприятия авиационной промышленности должны стремиться к обеспечению баланса интересов за счет постановки и достижения соответствующих целей, учитывающих требования, которые к ним предъявляются. В случае долгосрочной ориентации важно учитывать требования и находить соответствующий баланс, что является неотъемлемой частью гарантии продолжительного успеха.

Application of management systems in the aviation industry

Shatokhina A.V.
MAI, Moscow

In the current conditions, the efficiency of aviation industry enterprises is achieved through the introduction of management systems based on international standards.

In order to determine the basic list of management systems for aviation industry enterprises, a clear understanding of the environment in which enterprises operate is required, as each factor of the environment makes its demands, the fulfillment of which determines the possibility of successful development of enterprises.

The definition of the enterprise environment must begin with a graphic representation of the structure and the factors that make up it.

The internal environment of the enterprise is an organizational structure. Recently, the aviation industry has a divisional type of organizational structure. This type is characterized by decentralization - individual structural units are endowed with independence, responsibility and a certain volume of functional. This distinction takes place on the principle of territory or on the basis of the product being manufactured. All units endowed with autonomy are subject, however, to a single management center.

Aviation industry enterprises should continuously monitor and analyze information on internal and external factors, as well as the requirements they make in order to identify opportunities to improve performance.

As a result of the analysis of the impact of requirements on the internal and external environment, it can be concluded that:

• For the successful operation of the internal environment, aviation industry enterprises should be guided by international standards for health and safety management systems (ISO 4500), aerospace industry (AS 9100).

• For the external environment for quality management systems (ISO 9001), information security (ISO / IEC 27001) and environmental management (ISO 14001).

The enterprises of the aviation industry should strive to ensure a balance of interests by setting and achieving the relevant objectives, taking into account the requirements that are imposed on them. In the case of long-term orientation, it is important to consider the requirements and find the appropriate balance, which is an integral part of the guarantee of continued success.

Оптимизация подбора персонала

Шолотонова Е.С., Облогина К.В.
МАИ, г. Москва

Система ATS вовлекает руководителей в подбор персонала. Линейные руководители видят, через какие этапы отбора HR-служба провела кандидата, как он прошел их, какие оценки получил. можно отследить и то, по каким параметрам оценивали соискателя, какое заключение оставил специалист по подбору персонала. Высшему руководству ATS даст возможность контролировать расходы на подбор персонала: система легко подсчитает, сколько времени HR-служба тратит на поиск и отбор соискателей, насколько эффективно срабатывает объявление о вакансии на различных ресурсах.

Выбирая программу для автоматизации подбора персонала, необходимо руководствоваться следующим основным критерием: новая HR-система должна интегрироваться с уже имеющимися программами.

В настоящее время на рынке много предложений от фирм-провайдеров. Большинство систем англоязычные. Однако в последнее время стал активно развиваться сегмент русифицированных программ. Наиболее востребованы сейчас те из них, которые учитывают актуальные тренды в подборе. Иначе говоря, умеют находить кандидатов в соцсетях, анализировать их аккаунты и составлять портрет соискателя.

При автоматизации подбора персонала в организации к специалисту по подбору персонала поступают резюме, уже отфильтрованные по нужным параметрам: опыту работы, желаемой должности, поэтому субъективность подбора уходит. Также специалист по подбору персонала будет экономить время на рассылку шаблонов приглашений или отказов. Устраняется риск потери информации о ценных кандидатах. Автоматически формируется внешний кадровый резерв из претендентов, которые могут быть интересны компании в будущем.

Литература:

1. Жураховская И.М., Шолотонова Е.С. Особенности продвижения HR-бренда в социальных медиа//Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. № 2. С. 71-77.

2. Жураховская И.М., Шолотонова Е.С., Сергиенко А.Н. Особенности обучения руководителей//В книге: Авиация и космонавтика - 2017 тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2017. С. 666-668.

3. Морозова И.В., Шолотонова Е.С. Проблемы экономической оценки прогнозируемого эффекта внутрифирменного обучения в организациях //Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2013. № 2. С. 81-85.

Staff recruitment optimization

Sholotonova E.S., Oblogina K.V.
MAI, Moscow

The ATS system involves heads in staff recruitment. Linear heads see through what stages of selection the HR service has spent the candidate as he has passed them what estimates I have received. it is possible to trace also in what parameters estimated the applicant what conclusion was left by the HR specialist. Will give to the top management of ATS the chance to control expenses on staff recruitment: the system will easily count, what is the time the HR service

spends for search and selection of applicants, the announcement of a vacancy on various resources how effectively works.

Choosing the program for staff recruitment automation, it is necessary to be guided by the following main criterion: new HR-system has to be integrated with already available programs.

Now in the market there are a lot of offers from firms providers. Majority of systems English-speaking. However actively the segment of the Russified programs began to develop recently. Those from them which consider relevant trends in selection are most demanded now. In other words, are able to find candidates in social networks, to analyze their accounts and to make a portrait of the applicant.

At automation of staff recruitment the summaries which are already filtered in the necessary parameters come to the organizations to the HR specialist: to experience, a desirable position therefore the subjectivity of selection leaves. Also the HR specialist will save time for mailing of templates of invitations or refusals. The risk of loss of information on valuable candidates is eliminated. The external personnel pool is automatically formed of applicants who can be interesting to the company in the future.

References:

1. Zhurakhovskaya I.M., Sholotonova E.S. Features of advance of a HR brand in social media//the Bulletin of the Moscow state regional university. Series: Economy. 2018. No. 2. Page 71-77.

2. Zhurakhovskaya I.M., Sholotonova E.S., Sergienko A.N. Features of training of heads//In the book: Aircraft and astronautics - 2017 theses. Moscow aviation institute (national research university). 2017. Page 666-668.

3. Morozova I.V., Sholotonova E.S. Problems of economic assessment of the predicted effect of intra-corporate training in the organizations//the Bulletin of the Moscow state regional university. Series: Economy. 2013. No. 2. Page 81-85.

Алфавитный указатель

Index

A

Abdykalyk E.E. 281
Abgaryan V.K. 87
Abildayeva K.Z. 362
Abuzova L.A. 577
Abyzov A.K. 11
Afiatorov E.N. 63
Afonina O.A. 617
Agapov A.V. 67, 108
Agashkin S.V. 515
Ageev M.N. 549
Akhmetzhanov R.V. 64
Akhunov M.T. 128
Akobyan K.S. 550
Aleksandrova M.A. 552
Alekseenkov A.S. 370, 372, 399
Alekseev V.A. 312, 489
Alekseeva N.N. 284, 316
Alekseeva P.A. 553, 607
Alendar A.D. 60, 72, 545
Aleshchenko A.S. 175
Alexeev A.I. 369
Alexeev M.A. 283
Alieva L.D. 554
Alshaalan M.I. 12
Andreeva M.A. 555
Androsovich I.V. 62
Anikeeva I.G. 557
Antipov A.A. 420
Antonov D.A. 180
Arevshatyan E.S. 127
Arkhipov A.S. 422
Armashova-Telnik G.S. 558
Artemyeva E.I. 559
Artyushchik V.D. 562
Artyushina G.G. 560
Aruvelli A.V. 14
Avdeev A.V. 92
Avdyushkin A.N. 419
Averin S.V. 143
Averkin T.E. 548
Averkov A.I. 126
Avrutskiy E.V. 226

B

Babeshkina E.N. 349
Bakhtina A.G. 564
Balashov K.A. 309
Balashov V.V. 93
Balken D.B. 285
Balyasny K.V. 52
Baranov V.Y. 155
Bardin B.S. 420, 478
Basova V.P. 563
Baulin G.V. 634
Baykov A.V. 114
Bazarova V.V. 589
Bazhenova N.E. 371
Beklemishchev F.S. 370, 372
Beklemishchev P.S. 414
Beliavskiy A.E. 290
Belichenko M.V. 423
Belozerova I.N. 286
Belskih G.N. 507
Belyaeva V.A. 566
Belyakov M.A. 289
Bereza A.I. 567
Berezovikova Y.S. 708
Bernatsky K.S. 414
Betsofen S.Y. 520
Bielawski A.E. 287
Bindiman A.P. 296
Biryukov G.V. 15
Biryukova K.S. 130
Bisenov O.V. 133, 145
Blyakharsky S.S. 65
Blyakharsky Y.S. 65
Bobe L.S. 334, 345
Boboshina A.V. 424
Bogaty A.V. 64
Bogdanov A.S. 274
Bol A.V. 469
Boldova M.D. 568
Boldyrev A.V. 36, 43
Bolhovitin M.S. 113
Bolokhov I.O. 16, 306
Bondarenko A.V. 570, 571
Bondarenko R.N. 425
Borisov A.A. 492
Boroday I.Y. 374
Borovik I.N. 123
Borovikov D.A. 67, 113
Borozny A.A. 131
Borshev N.O. 290
Borunova T.I. 490
Boytsov A.G. 73
Brant V.A. 572
Britvin N.V. 246
Brodsky M.Y. 291
Brusnikin P.M. 382
Brusov V.S. 48
Bublik D.A. 574
Budkov A.S. 375, 380, 387
Bugrimenko F.A. 426
Bukaty S.A. 111
Bukaty A.S. 111
Bulanov S.V. 289
Burdina A.A. 584, 679, 720
Burlachenko A.G. 491, 517
Busurin V.I. 156, 188
Buyakova S.P. 491, 517
Buyanov M.V. 428

C

Cao Xuan Minh 161
Chaika N.K. 647
Chebakov E.V. 357
Chekan A.A. 714
Chekina E.A. 478
Chemeteva A.I. 610
Cherdantseva E.D. 358
Chernomorsky A.I. 187, 393
Chernova T.A. 433
Chertykovtseva V.O. 479, 501
Cherygova E.E. 480
Chetin V.I. 341
Chikuchinov E.M. 238
Chirukin E.V. 582
Chizhikov S.N. 716
Chuksina O.V. 631
Chunina M.E. 717

D

Danilov E.A. 497, 527
Datsiuk M.M. 595

Davydov A.D. 594
Deev I.S. 514
Degtyareva V.V. 675
Dembitskiy N.L. 200
Demin G.R. 295
Denisov L.V. 73
Denisova I.P. 461
Denisova V.S. 514, 516
Derevyankin V.P. 213
Devaev N.A. 380
Dezhin D.S. 170
Dhiman Gaurav 20
Diachenko S.A. 384
Diakovskaya M.P. 144
Dianova E.V. 598
Didenko Y.I. 28
Dmitriev V.S. 296
Dobrovolsky S.V. 16, 54, 306
Dobryanskaya I.A. 599
Dolgushin A.S. 143
Dorenskaya V.I. 19
Dormidontov N.E. 437
Drozdova Y.S. 601
Drygin A.S. 85
Dubinskiy A.A. 76
Dubinsky S.V. 465
Dudarkov Y.I. 481
Dudchenko A.A. 32
Dudinskikh A.V. 602, 660
Dudkin S.O. 382
Dumin P.N. 438
Dunich E.A. 383
Dvornikova T.V. 597
Dyachenko S.A. 387
Dyulger A.D. 603
Dzgoev T.R. 74

E

Efimov A.G. 252
Efremov E.V. 21
Egorov A.V. 265
Egorov O.V. 289
Egorov V.A. 145
Egorova A.V. 294, 298, 365
Egoshin E.O. 300
Elinson V.M. 543
Eliseev A.N. 147
Eremin M.Y. 606
Eremin P.M. 140
Eremina I.E. 675
Ermakov A.A. 215
Ermakov S.A. 34
Ermakova O.V. 568
Ermashkevich A.A. 77
Ermilov V.O. 607
Erokhina K.S. 667
Erokhova M.N. 385
Eruslankin S.A. 317
Esipov P.A. 440
Evdokimov D.A. 604
Evstigneev F.S. 297
Evstratov S.V. 617
Eyniyev Elchin 461
Ezrokhi Y.A. 85

F

Fadeev I.S. 226
Faranosov G.A. 81
Fatihova E.R. 602, 660
Fedorov A.V. 233
Fedorova E.D. 475
Fedorova I.G. 34
Fedotikova M.V. 538, 539
Fedotova M.A. 559, 567, 588, 620, 670, 693, 707, 718
Fedulov V.I. 690
Fedunov B.E. 413
Fedunov B.Y. 379, 389
Feduskin A.I. 430
Feoktistov V.A. 540
Fertikov A.O. 115
Fetisov V.S. 164, 227
Filipenkov S.N. 341
Filippov E.I. 228
Filippov G.S. 122, 235
Filippov O.S. 235
Firsanov V.V. 17
Fomina A.S. 709
Fomiryakov V.V. 192
Frolov V.P. 710
Frolova D.V. 407
Frolova Y.L. 116

G

Gadzhiev E.V. 248
Galikhanov N.K. 139
Galkin N.A. 582
Galkin Y.V. 490
Galkina E.E. 617
Ganicheva A.K. 473
Gapankova E.S. 294, 298, 365
Gaponenko O.V. 583
Garduno R.A. 354
Gareyev A.R. 497
Garibyan G.D. 584
Gavrilov K.Y. 255, 258, 273
Gavrin D.S. 583
Gavva L.M. 18
Gecha V.I. 435
Generalov A.G. 248
German M.A. 494
Gevorgyan A.A. 436
Gidaspov V.Y. 448
Gindtse I.S. 379
Ginzburg I.B. 250, 277, 645
Gladyshev V.M. 436
Glazkov V.S. 432
Godovitsyn I.V. 140
Gogia K.A. 586
Golitsyn A.R. 587, 593
Golovina E.S. 579, 588
Golubchikova V.V. 589
Goncharevich A.A. 407
Gorb P.V. 497
Gorbunov A.A. 67
Gorbunov M.S. 433
Gorchakov S.Y. 435
Gordeev S.V. 71
Gorelov A.O. 142
Gorin D.V. 626
Gorodnik O.I. 495
Goryavin V.A. 470
Grachev S.O. 262, 265
Gracheva E.I. 648
Grigor'eva I.V. 536
Grishanina T.V. 460
Grishin D.V. 591
Grishin S.A. 251
Grishin V.M. 431
Grunin A.N. 60, 72
Grushin I.A. 496, 520
Gubkina A.S. 364
Guevara Garcia A.G. 69
Gureev P.M. 597, 603
Guryanov A.V. 38, 498
Gusev E.V. 284
Guseynov A.B. 29
Gushchin K.V. 593
Gusiletov A.A. 592
Guslyakova V.A. 436

H

Halyavina A.A. 230
Hamadov R.R. 358
Harraka J.E. 244, 245

Hein T.Z. 232
Hoang Vu Tan 233

I

Iakovets M.A. 81
Ibragimov D.N. 458
Ibragimov O.Y. 118
Ied Kaiss 23
Ignatkin M.M. 295
Ignatkin Y.M. 35, 58, 432
Igonin D.M. 444
Il'inskaya O.I. 84
Ilyasov R.I. 214
Ingildeev R.R. 154
Ionov A.V. 108, 113
Iordan Y.V. 503
Ipatov M.S. 81
Irgaleev I.H. 24
Isaev N.A. 594
Isaev V.V. 155
Istratij A.Y. 708
Ivanov A.E. 502, 524
Ivanov A.S. 380, 387
Ivanov A.V. 153, 178
Ivanov D.N. 302
Ivanov N.S. 158
Ivanov S.V. 441
Ivanov V.N. 120
Ivanova G.A. 672
Izmailova D.M. 616

J

Jigalova A.I. 499

K

Kabanov A.S. 617
Kabanova U.A. 496
Kachaykina E.S. 528
Kaderov V.A. 158
Kalenova N.V. 473
Kaloshina M.N. 599, 721
Kaly V.A. 41
Kamalin A.V. 505
Kamenskiy K.V. 255
Kamyshnikov I.N. 712
Kan A.V. 256
Kanev S.V. 71
Karane M.S. 446
Karaseva A.V. 621
Karelin O.O. 83
Karepin P.A. 623
Kargaev M.V. 26
Karmanov V.I. 303
Karshiev N.T. 163
Kartavtsev A.S. 84
Kartushina N.V. 624
Kashirin D.A. 64
Kaverina L.V. 619
Kazakov A.N. 159
Kazantseva A.A. 620
Kazbek S.B. 217
Kazenin I.V. 160
Keyno P.P. 193, 243
Khakimov A.V. 55
Kharitonenkov A.I. 231
Khartov S.A. 71, 91, 110
Khokhlova D.S. 712
Khomenko O.V. 118
Khomutskaya O.V. 190, 234
Khoperskov A.A. 235
Khorev T.S. 393
Khoroshilov A.A. 256
Khoroshko A.L. 231, 236
Khoroshko L.L. 134, 231, 236, 243
Khramin R.V. 119
Khrenova N.M. 690
Khromova S.A. 713
Kilmetov R.A. 164, 227
Kim V.P. 80, 88
Kirillov V.Y. 149
Kizeev I.S. 85
Klimentovski V.V. 251
Klimov I.S. 165
Klinachev N.V. 304
Klochkov V.V. 625
Kniga V.S. 133, 145
Knyazev A.S. 166
Kochetkov A.A. 313
Kochubey D.R. 176
Kofman M.S. 175
Kogan I.L. 313
Kolbasov V.N. 168
Koldasova S.K. 169
Kolesov K.A. 170
Kolganov P.A. 447
Kolomoets E.N. 627
Komarov D.A. 123
Komarov I.O. 172
Komova A.A. 629
Kondrashov Y.N. 173
Kondratenko A.N. 608
Kononov D.S. 448
Konovalova V.G. 552, 693, 695
Konovaltsev A.V. 154
Konstantinov D.Y. 307
Konstantinov M.S. 308
Konyukhov I.K. 29
Korenev M.M. 309
Kornilov V.A. 388
Korobkov K.A. 188
Korobovtsev A.S. 291
Korolenko V.A. 506
Koroleva E.A. 630
Korotaeva I.E. 631
Korotkov A.I. 310
Korotun V.L. 633
Koscheeva E.O. 567
Koshkin S.S. 507
Kostenko V.M. 465
Kostikov Y.A. 456
Kostishin M.O. 30, 38, 55
Kotenko A.R. 389
Kotova A.M. 174
Kovtun S.A. 27
Kozenbaeva Y.L. 306
Kozhevnikov V.V. 91, 101
Kozlov A.L. 257
Kozlov A.V. 239
Kozlov R.S. 626
Kozlov R.Y. 258
Kozyaychev A.N. 28
Kraev V.M. 566, 593, 666, 680, 709
Krasilshchikov M.N. 139
Kravchenko V.V. 390
Krayev V.M. 587
Kremlev A.N. 105
Krivilev A.V. 383
Kromka K.V. 291
Kruchinin M.M. 31
Kruglov K.I. 87, 93
Kryuchkov V.V. 172
Kudriavtseva N.S. 286, 312
Kupreeva A.Y. 88
Kurkin E.I. 36, 479, 508, 541
Kurkin Y.I. 501
Kurkova A.A. 635
Kurmazenko E.A. 313, 339

Kurshev E.V. 514
Kurshev Y.V. 516
Kuteynikova E.N. 392
Kutina A.V. 260
Kuturin N.S. 636
Kuzavleva V.Y. 294, 298, 365
Kuzmenko A.P. 507
Kuzmina D.D. 634
Kuzminsky A.Y. 619
Kuznetsov A.V. 48
Kuznetsov P.M. 193
Kuznetsova I.V. 610
Kylasov M.Y. 314

L

Lakshtovskiy I.A. 261
Larionova A.A. 32
Larskaya L.A. 639
Laschilin N.Y. 626
Latypov V.A. 153, 178
Latysheva V.V. 640
Lavlinskaya A.D. 638
Lavrov V.G. 510
Layzan V.V. 511
Lebedev A.A. 301
Lebedev M.V. 89
Lebedeva M.V. 461
Lelkov K.S. 393
Leonov S.S. 426, 477
Lepekhin G.N. 16
Lepeshkin A.R. 84
Lepeshkin D.S. 169
Leshchuk O.G. 240
Lesik E.S. 645
Levchenko N.A. 644
Levchenko Y.A. 481
Levkina N.S. 512
Levkutina A.Y. 641
Levochkina A.I. 643
Liapina S.Y. 678
Lifanov I.P. 647
Limonin M.V. 481
Liseytsev N.K. 18
Lisov A.A. 433
Litvin E.Y. 659
Lobastov I.A. 316
Loginov R.A. 49
Loktev M.A. 179
Lonsky S.L. 514, 516
Loshakova A.A. 648
Luchkov A.N. 34
Lukashova A.E. 180
Lukyanov O.Y. 36
Lukyanov S.D. 358
Lysenkov A.V. 100
Lyssakov N.D. 649
Lyssakova E.N. 649
Lyubimskaya E.R. 651
Lyubimtseva A.S. 652

M

Makarin M.A. 394
Makarova V.A. 653
Makashov A.A. 318
Makeev P.V. 35, 58
Makhaeva M.M. 303
Makhnev V.N. 395, 411
Maksimov N.A. 221, 223
Makurin N.M. 36, 508, 541
Malinina G.A. 516
Malynkin K.V. 196
Manets A.A. 295
Markelov V.V. 30, 38
Markievich P.N. 37
Markin L.V. 418
Martyanov E.P. 49
Martynishin I.E. 654
Masyutina N.M. 655
Mateshuk A.A. 657
Matveeva A.V. 407
Matyash S.V. 100
Matyunin L.V. 714
Maung Z.M. 181
Maximov D.Y. 515
Maximov N.A. 239
Maygurov M.V. 358
Mazlumyan G.S. 317
Mazurov I.S. 168
Medvedev A.M. 132, 234, 532
Medvedeva Z.N. 262
Megrelishvili G.G. 396
Meldianova A.V. 659
Melekhina A.I. 658
Melnikov A.V. 91
Melnikov V.Y. 232
Merkurev D.V. 80, 88
Meshankov D.V. 660
Metelnikov A.A. 92
Mevis F.A. 183
Mezentsev S.E. 40
Mezina N.A. 698
Mhitaryan G.A. 480
Mickevich D.V. 663
Mikhaylov A.A. 548, 619
Mikheev V.V. 187
Minasyan V.B. 185
Mironov I.A. 320
Mironova M.A. 165
Mironova P.A. 662
Mirovoy Y.A. 517
Mirovoy Yu.A. 491
Mitin N.N. 582
Mogulkin A.I. 93, 101
Moiseev D.V. 321
Moiseeva S.G. 321
Moiseyev D.V. 333
Mokrova M.I. 398
Molodenkov A.V. 450
Molodenkova T.V. 450
Molodtsov I.I. 665
Molotkov A.A. 451
Monakhova V.P. 98
Morgul A.S. 518, 544
Morozov A.Y. 448
Moshkova A.A. 322
Moskaleva A.Y. 666
Moskalyova J.A. 667
Moskvicheva N.V. 651
Muchnik E.D. 555
Mukhamediyev A.S. 217
Mulin P.V. 156
Muradova N.M. 670
Muraveva N.V. 669
Muravey L.A. 452
Muravyev Yu.V. 45
Musaev S.D. 520
Musin S.M. 41
Mustyukov P.Y. 192
Myakochin A.S. 114
Myshelov Y.P. 623

N

Nadezhkina E.V. 338
Nadiradze A.B. 65, 116
Nagornov A.Y. 324, 342
Nakhodnova A.V. 521
Naumenko K.M. 325
Naumov A.V. 480
Naydenov A.V. 399
Nazyrova N.R. 95
Neboronov M.M. 452
Nechaev V.A. 55
Nekrasova O.V 710
Nemychenkov G.I. 189

Nenakhov E.V. 453
Neretin E.S. 380, 382, 384, 406
Neretin Y.S. 375, 387
Neskorodov A.V. 262, 265
Neverova N.V. 671
Nguyen Ngoc Linh 264
Nguyen V.V. 188
Nguyen Van Tu 263
Nguyen Viet Hung 96
Nickolaeva T.V. 301
Nikishin A.V. 544
Nikitenko I.A. 395, 411
Nikitin A.A. 326
Nikitin S.A. 190
Nikityuk I.S. 327
Nikolaeva E.O. 196
Nikolichev I.A. 328
Nikolskaya E.E. 672
Nikulin S.A. 192
Nikulina E.N. 635
Noda I.D. 194
Noskov D.D. 195
Nosov G.A. 330
Novikov A.S. 674
Novikov A.Y. 193
Novikov N.A. 522
Novikov S.V. 563

O

Oblogina K.V. 724
Oborin F.S. 331
Obrucheva E.V. 301, 710
Obukhov V.A. 93, 101, 332
Odintsova E.I. 98
Odnostalko I.A. 333
Oganezova Y.A. 652
Okhotnikov D.A. 154
Oleksenko A.P. 675
Orlov A.A. 502, 524, 535
Oschwald M. 59
Osipov K.A. 42
Osipov P.V. 454
Osokina E.S. 99
Ovechkin A.R. 587, 593

P

Padalko S.N. 645, 676
Pahunov A.S. 266
Pakhomenkov A.V. 111
Paleshkina Y.V. 316
Panina T.S. 678
Pankov N.A. 335
Pankov V.V. 140
Pankratyeva E.V. 643
Parafes S.G. 293, 302, 324
Parfenova A.V. 678
Parkhaev V.A. 196
Parshina P.V. 679
Pasynkov V.V. 139
Patkin A.A. 337
Patkin N.S. 198
Pavelchuk M.V. 43
Pavlik S.V. 100
Pavlinov V.A. 213
Pavlov A.V. 334
Pavlovsky A.A. 213
Pechko A.A. 684
Pegachkova E.A. 424
Penkin S.S. 383
Perepechkin M.E. 680
Perepechko S.V. 456
Perkova E.P. 682
Perushkin S.I. 683
Pestrikov S.I. 15
Petrov A.S. 14
Petrov I.S. 296
Petrova A.R. 525
Petrova E.N. 103
Petrukhin V.A. 187
Petukhov V.G. 308
Peysakhovich O.D. 101
Pichugin S.B. 104
Pimenov Y.M. 165
Pindiurina M.O. 400
Pitirimova V.V. 688
Ploskov S.Y. 45
Plotnikova N.O. 199
Pochestnev A.A. 682
Podguzov V.A. 207
Podkorytov A.N. 267
Podshibnev V.A. 402, 412
Pokryshkin A.I. 332
Polishchuk M.V. 46
Polishchuk N.V. 685
Poltorak D.S. 403
Polyakov S.V. 200
Pominov D.A. 438
Ponomarenko A.N. 457
Ponomareva D.V. 527
Popov G.A. 332
Popov S.S. 202
Popova A.S. 105
Porodnova O.V. 107
Portseva E.Y. 458
Posadov V.V. 118
Potak A.G. 686
Potapenko A.A. 325
Pozdnyakov K.Y. 190
Pozhoga O.Z. 524
Preobrazhensky E.V. 490, 545
Prischepova D.S. 688
Prohorova I.S. 663
Prokhorenkova A.S. 690
Prokhorova V.S. 692
Prokopenko A.D. 688
Pronina P.F. 310, 338, 346
Proshkin V.Y. 313, 339
Prosvirina N.V. 579, 616, 689
Prosvirina N.B. 674
Prudnikov F.E. 291
Puntus A.A. 430, 459
Pyatnica A.S. 341
Pykhtin A.V. 47, 531

R

Radko A.A. 693
Rahmilevich I.E. 203
Rakhmatullin R.R. 65
Redko M.Y. 205
Remchukov S.S. 107
Remizov A.E. 83
Remizov A.Y. 99
Reshetnikov D.A. 378, 385, 415
Revina V.D. 204
Reviznikov D.L. 466
Rodchenko V.V. 310, 314, 338
Rogozhina L.A. 655, 694
Romanadze E.L. 695
Romanenkov A.M. 131, 205, 425, 452
Romanov V.I. 206
Romashko A.S. 364
Romaykina G.S. 597
Rozhkov S.S. 269
Rozhnin N.B. 394, 404
Rusanov D.V. 207
Rusnak V.I. 209
Russkikh N.M. 460

Russkikh S.V. 342
Ryabchenko A.V. 696
Rybakov V.A. 461
Rybakova L.V. 671

S

Sadkovsky B.P. 536
Sadretdinova E.R. 314, 338
Sadykova L.I. 407
Safiulina V.V. 698
Safronov A.V. 464
Sakhanov K.Z. 217
Salnikov A.F. 103
Salnikov N.A. 345
Salosina M.O. 343
Samoilov V.M. 497
Samoshkina D.D. 346
Samoylov V.M. 527
Samsonovich S.L. 394, 402, 412
Sankaran Praveen 280
Sapronov D.I. 270
Sapunkov Y.G. 450
Sashina A.A. 522
Savelev A.S. 406
Saveluev A.A. 100
Savin A.A. 462
Savostin D.S. 496, 528
Sazonova T.V. 240, 266
Schein Jochen 109
Scherbakov V.S. 484
Selezneva D.A. 347
Seliverstov S.D. 108
Seltsova S.A. 349
Semavina N.A. 54
Semenikhin K.V. 422
Semenov S.A. 466
Semina A.P. 549, 564, 589, 630, 634, 695, 718
Serebryakov A.V. 529
Sergeev A.V. 271
Sergeev S.I. 350
Sergeeva N.I. 48
Sergeyenkova K.V. 611
Serpicheva E.V. 47, 531
Sevastyanov P.S. 465
Sha Minggong 121
Shabaeva R.V. 718
Shaimov M.A. 720
Shakisheva L.G. 360
Shakizadayev B.B. 281
Shangin I.A. 287, 361
Shaposhnikov S.N. 541
Sharakha N.A. 154
Sharonov A.V. 221, 223, 239
Sharoyko Y.A. 671
Shatalov I.K. 239
Shatalova E.L. 721
Shatokhina A.V. 722
Shaukenova K.S. 362
Shavnya R.A. 342
Shcherbakov K.A. 262
Shelagurova M.S. 240
Shelekhova A.S. 56
Sheludko L.N. 672
Shelyukhin Y.F. 53
Shentyapina E.S. 482
Sheremetova M.M. 364
Sheval V.V. 404
Shevchenko A.V. 481
Shevgunov T.Y. 279
Shevkunov V.A. 122
Shevtsov D.A. 126
Shevtsov V.A. 275
Sheypak O.A. 560
Shilov E.A. 80, 88
Shirokov A.A. 242
Shishkin S.V. 47, 531
Sholotonova E.S. 724
Shomov A.I. 35, 58
Shubina M.A. 294, 298, 365
Shukalov A.S. 38
Shukalov A.V. 30, 498
Shulakov K.A. 123
Shumov M.B. 393
Shvedov A.V. 543
Sidorov A.A. 210
Sikrier A.V. 403, 699
Siluyanova M.V. 40, 62, 73, 74
Simakova V.S. 714
Simonov A.A. 211
Sinyavskaya Y.A. 409
Sirenko A.I. 351
Sizanov A.V. 289
Skidanova E.V. 532
Sklyarova A.P. 67
Skorokhod M.A. 700
Skvortsov M.S. 49
Slabikov B.A. 536
Slastushenskiy Y.V. 466
Slezov S.S. 492, 518
Slitinskaya A.Yu. 15, 49
Smirnov K.K. 533
Smirnov P.E. 109
Smirnov P.Y. 110
Smirnova N.A. 303
Smirnova O.V. 110
Smirnova T.S. 619, 652, 667, 712
Sobol V.R. 443
Sokolov D.A. 702
Sokolov I.M. 252
Soldatkin V.M. 213
Soldatov A.L. 273
Solntsev G.A. 111
Solovyev A.V. 214
Solyayev Y.O. 506
Sorokin A.A. 274
Sorokin A.E. 617
Sorokin Y.D. 495
Sova A.N. 289, 317
Spirina M.O. 508, 541
Stankevich A.M. 51, 215
Stanovskaya Y.V. 467
Starchaus V.S. 231
Starikov P.A. 113
Stepanenko A.Y. 51, 215
Stepanov N.V. 529
Stepushin A.S. 535
Stets A.A. 352
Stizhius V.Y. 495
Stoliarov I.V. 395
Stolyarchuk V.A. 469, 470
Stolyarov Y.V. 411
Strelets D.Yu. 18
Strogonova L.B. 354
Strokach E.A. 123
Sudakov G.G. 14
Sudareva A.A. 155
Sudas S.A. 107
Sukhanov V.S. 140
Sukhikh E.P. 412
Sukhov G.A. 471
Surkova E.V. 658, 683
Surovezhko A.S. 114
Suvorov M.O. 71, 110
Suvorova O.S. 703
Sverdlov B.G. 260
Svetlakov S.M. 408
Sviridova E.S. 582, 583
Svotina V.V. 332
Sychev A.V. 649

Sychev A.V. 52
Sytin D.I. 356
Syzdykov A.B. 217

T

Talaev A.D. 275
Taranenko A.A. 413
Tarasov S.E. 355
Tarasov V.I. 536
Tartachnaya D.S. 538
Taygin V.B. 511
Terekhin N.A. 218
Terekhov R.I. 53
Terentiev M.N. 277, 318, 320, 645
Thaw M.T. 184
Tikhon V.I. 702
Tikhonov A.I. 562, 591, 660, 689, 716, 717
Tikhonov G.V. 572, 604, 629
Timoshchuk E.I. 527
Tishin N.A. 473
Titov Y.V. 139
Titova A.S. 312
Titova E.I. 414
Tiumentsev Y.V. 444
Tkach V.V. 79
Tkachenko O.I. 22, 27
Tochilkin N.Y. 412
Tokunova A.A. 704
Tolmacheva A.A. 705
Tolstova I.A. 603
Tolstykh S.P. 219
Torishnyi R.O. 474
Tretyakov N.K. 54
Tretyakova J.D. 665
Trifonova J.S. 220
Troyanov E.A. 327
Trubnikov A.A. 378, 415
Trubnikov A.V. 385
Trutnev V.Y. 221
Trutneva N.V. 223
Tsapko E.D. 477
Tsarapkin R.A. 120
Tuchina I.O. 142
Tulinova E.Y. 158
Tumanov M.V. 248
Tupitsyn A.V. 403, 415
Turkin I.K. 300
Tuzovskaya O.A. 707
Tyapkin P.S. 278
Tymchuk D.O. 621
Tyumentsev Y.V. 447

U

Udaev S.V. 518, 544
Ukhanov D.S. 708
Ulanov A.A. 566
Umanskiy A.A. 224
Uryupin I.V. 225
Ustyantsev A.Y. 63
Uvarov D.K. 356

V

Vahterova Y.A. 429
Vakhrusheva L.S. 577
Van Schyndel J. 59
Vantsov S.V. 174, 234
Varganov D.I. 14
Vasiliev F.V. 132, 234
Vasiliev M.A. 376
Vasilieva S.S. 133
Vasimova I.N. 575
Verbanov I.S. 68
Vergelis C.S. 403
Vikulin M.A. 134
Vindecker A.V. 293
Vinogradov R.E. 492
Vlasov I.V. 135
Vlasova S.V. 578
Vo Anh H.H. 17
Voitsitstkaya E.P. 295
Volkov A.M. 247
Volkov E.V. 430
Volkova E.B. 580
Volnov E.A. 309
Volosov V.V. 136, 178
Vorob'ev A.G. 77
Voronich I.V. 96
Voronin V.V. 378
Voronina A.V. 138
Vorontsov T.P. 384
Vovk V.Y. 579, 588
Vu H.P. 263
Vu T.C. 431
Vyatkov V.V. 99

Y

Yakovleva A.V. 710
Yaganov V.M. 485
Yagodnikov D.A. 251
Yakovlev S.F. 489
Yakurnova K.A. 545
Yalchik A.S. 663
Yanovskaya G.S. 655
Yarilov P.A. 366
Yaroslavkiy V.V. 243
Yaroslavtsev N.L. 107
Yatskiy M.A. 486
Ye W.T. 417
Ye Win T.T. 418
Yegorova A.N. 138
Yin Binh 716
Yin N.V. 156
Yudayev S.V. 528
Yudin V.N. 247
Yuldasheva O.K. 304

Z

Zharenov I.A. 465
Zabrodin A.V. 15
Zadachin A.V. 150
Zagovorchev V.A. 310, 314
Zakharchenko V.S. 80
Zakharov I.V. 378, 385, 415
Zakhvatkin Y.V. 479, 501
Zakoldaev D.A. 498
Zatolokina A.R. 692
Zavjalov M.A. 473
Zdorova M.V. 151
Zhalnin B.V. 301
Zharinov I.O. 498
Zharinov O.O. 30
Zharkov M.V. 148
Zharkov R.V. 148
Zhdanova V.A. 254
Zhelnin V.N. 22
Zhelonkin M.V. 22
Zhelonkin V.I. 22
Zhemerdeev O.V. 608
Zhenevskaya I.D. 441
Zherebtsov R.V. 442
Zhigarev S.A. 469
Zhilenev M.Y. 435
Zhukov P.A. 149
Zhukov R.V. 257
Zhukov V.P. 59, 78
Zhurakhovskii A.S. 611
Zhurakhovskii I.M. 610
Zhuravlev S.Y. 149
Zhuravlev V.N. 79
Zhurbenko N.L. 613
Zhurbina E.V. 535
Zubanova S.G. 614
Zubkova A.N. 558
Zubkova P.V. 77
Zubov S.A. 443
Zubrilin A.M. 95
Zueva T.I. 615

А
Абгарян В.К. 86
Абдыкалык Е.Е. 281
Абильдаева К.Ж. 362
Абузова Л.А. 576
Абызов А.К. 11
Авдеев А.В. 91
Авдюшкин А.Н. 418
Аверин С.В. 142
Аверкин Т.Э. 547
Аверьков А.И. 125
Авруцкий Е.В. 226
Агапов А.В. 66, 108
Агашкин С.В. 514
Агеев М.Н. 548
Акобян К.С. 550
Александрова М.А. 551
Алексеев А.И. 368
Алексеев В.А. 311, 488
Алексеев М.А. 282
Алексеева Н.Н. 283, 315
Алексеева П.А. 552, 606
Алексеенков А.С. 369, 372, 398
Алендарь А.Д. 60, 71, 544
Алещенко А.С. 175
Алиева Л.Д. 553
Альшаалан М.И. 12
Андреева М.А. 555
Андросович И.В. 61
Аникеева И.Г. 556
Антипов А.А. 419
Антонов Д.А. 179
Аревшатян Э.С. 126
Армашова-Тельник Г.С. 557
Артемьева Е.И. 558
Артюшина Г.Г. 560
Артющик В.Д. 561
Арувелли А.В. 13
Архипов А.С. 421
Афиатуллов Э.Н. 62
Афонина О.А. 617
Ахметжанов Р.В. 64
Ахунов М.Т. 127

Б
Бабешкина Е.Н. 348
Баженова Н.Э. 370
Базарова В.В. 589
Байков А.В. 113
Балашов В.В. 93
Балашов К.А. 309
Балкен Д.Б. 284
Балясный К.В. 51
Баранов В.Ю. 155
Бардин Б.С. 419, 477
Басова В.П. 562
Баулин Г.В. 633
Бахтина А.Г. 564
Беклемищев Ф.С. 369, 372, 414
Беличенко М.В. 422
Белозерова И.Н. 285
Бельских Г.Н. 506
Белявский А.Е. 287, 289
Беляева В.А. 565
Беляков М.А. 288
Береза А.И. 566
Бернацкий К.С. 414
Бецофен С.Я. 519
Биндиман А.П. 295
Бирюков Г.В. 14
Бирюкова К.С. 129
Бисенов О.В. 132, 145
Бляхарский С.С. 65
Бляхарский Я.С. 65
Бобе Л.С. 334, 344
Бобошина А.В. 423
Богатый А.В. 64
Богданов А.С. 273
Бойцов А.Г. 72
Болдова М.Д. 568
Болдырев А.В. 36, 43
Болохов И.О. 15, 305
Болховитин М.С. 112
Боль А.В. 468
Бондаренко А.В. 569, 570
Бондаренко Р.Н. 425
Борисов А.А. 492
Боровик И.Н. 123
Боровиков Д.А. 66, 112
Бородай И.Ю. 373
Борозный А.А. 130
Борунова Т.И. 489
Борщев Н.О. 289
Брант В.А. 572
Бритвин Н.В. 245
Бродский М.Ю. 290
Брусникин П.М. 381
Брусов В.С. 47
Бублик Д.А. 573
Бугрименко Ф.А. 426
Будков А.С. 374, 379, 386
Букатый А.С. 111
Букатый С.А. 111
Буланов С.В. 288
Бурдина А.А. 584, 678, 719
Бурлаченко А.Г. 490, 517
Бусурин В.И. 156, 187
Буякова С.П. 490, 517
Буянов М.В. 427

В
Ванцов С.В. 173, 234
Варганов Д.И. 13
Васильев М.А. 376
Васильев Ф.В. 131, 234
Васильева С.С. 132
Васимова И.Н. 574
Вахрушева Л.С. 576
Вахтерова Я.А. 428
Вербанов И.С. 67
Вергелис К.С. 402
Викулин М.А. 133
Виндекер А.В. 292
Виноградов Р.Е. 492
Власов И.В. 134
Власова С.В. 577
Во А.Х. 16
Вовк В.Ю. 578, 587
Войцицкая Э.П. 294
Волков А.М. 247
Волков Е.В. 429
Волкова Е.Б. 580
Волосов В.В. 136, 177
Вольнов Е.А. 309
Воробьев А.Г. 76
Воронин В.В. 377
Воронина А.В. 137
Воронич И.В. 96
Воронцов Т.П. 384
Ву Т.Ч. 430
Ву Х.Ф. 263
Вятков В.В. 98

Г
Гавва Л.М. 17
Гаврилов К.Ю. 254, 258, 272
Гаврин Д.С. 582

Гаджиев Э.В. 248
Галиханов Н.К. 138
Галкин Е.В. 489
Галкин Н.А. 581
Галкина Е.Е. 617
Ганичева А.К. 472
Гапанькова Е.С. 293, 298, 364
Гапоненко О.В. 582
Гардунтьо Р.А. 353
Гареев А.Р. 496
Гарибян Г.Д. 584
Гарсия А.Г. 68
Геворгян А.А. 435
Генералов А.Г. 248
Герман М.А. 493
Геча В.Я. 434
Гидаспов В.Ю. 448
Гиндце И.С. 378
Гинзбург И.Б. 249, 276, 645
Гладышев В.М. 435
Глазков В.С. 432
Гогия К.А. 585
Годовицын И.В. 139
Голицын А.Р. 586, 592
Головина Е.С. 578, 587
Голубчикова В.В. 589
Гончаревич А.А. 406
Горб П.В. 496
Горбунов А.А. 66
Горбунов М.С. 433
Гордеев С.В. 70
Горелов А.О. 141
Горин Д.В. 625
Городник О.И. 494
Горчаков С.Ю. 434
Горявин В.А. 469
Грачев С.О. 261, 265
Грачева Е.И. 647
Григорьева И.В. 535
Гришанина Т.В. 459
Гришин В.М. 430
Гришин Д.В. 590
Гришин С.А. 250
Грунин А.Н. 60, 71
Грушин И.А. 495, 519
Губкина А.С. 363
Гуреев П.М. 596, 602
Гурьянов А.В. 38, 498
Гусев Е.В. 283
Гусейнов А.Б. 29
Гусилетов А.А. 591
Гуслякова В.А. 435
Гущин К.В. 592

Д

Давыдов А.Д. 594
Данилов Е.А. 496, 526
Дацюк М.М. 595
Дворникова Т.В. 596
Деваев Н.А. 379
Дегтярёва В.В. 674
Деев И.С. 513
Дежин Д.С. 170
Дембицкий Н.Л. 199
Демин Г.Р. 294
Денисов Л.В. 72
Денисова В.С. 513, 515
Денисова И.П. 460
Деревянкин В.П. 212
Дзгоев Т.Р. 74
Дианова Е.В. 597
Диденко Ю.И. 27
Дмитриев В.С. 295
Добровольский С.В. 15, 54, 305
Добрянская И.А. 599
Долгушин А.С. 142
Доренская В.И. 18
Дормидонтов Н.Е. 436
Дроздова Ю.С. 600
Дрыгин А.С. 85
Дубинский А.А. 75
Дубинский С.В. 464
Дударьков Ю.И. 481
Дудинских А.В. 601, 660
Дудкин С.О. 381
Дудченко А.А. 32
Думин П.Н. 438
Дунич Е.А. 382
Дхиман Гаурав 20
Дьяковская М.П. 144
Дюльгер А.Д. 602
Дяченко С.А. 384, 386

Е

Евдокимов Д.А. 604
Евстигнеев Ф.С. 296
Евстратов С.В. 617
Егоров А.В. 265
Егоров В.А. 145
Егоров О.В. 288
Егорова А.В. 293, 298, 364
Егорова А.Н. 137
Егошин Е.О. 299
Елинсон В.М. 542
Елисеев А.Н. 146
Ерёмин М.Ю. 605
Еремин П.М. 139
Ерёмина И.Е. 674
Ермаков А.А. 215
Ермаков С.А. 33
Ермакова О.В. 568
Ермашкевич А.А. 76
Ермилов В.О. 606
Ерохина К.С. 666
Ерохова М.Н. 385
Ерусланкин С.А. 316
Есипов П.А. 439
Ефимов А.Г. 252
Ефремов Е.В. 21

Ж

Жалнин Б.В. 300
Жарёнов И.А. 464
Жаринов И.О. 498
Жаринов О.О. 30
Жарков М.В. 147
Жарков Р.В. 147
Жданова В.А. 253
Желнин В.Н. 22
Желонкин В.И. 22
Желонкин М.В. 22
Жемердеев О.В. 608
Женевская И.Д. 440
Жеребцов Р.В. 442
Жигалова А.И. 499
Жигарев С.А. 468
Жиленев М.Ю. 434
Жуков В.П. 77
Жуков П.А. 149
Жуков Р.В. 257
Журавлев В.Н. 78
Журавлев С.Ю. 149
Жураховская И.М. 609
Жураховский А.С. 610
Журбенко Н.Л. 612
Журбина Е.В. 534

З

Забродин А.В. 14
Завльялов М.А. 472
Заговорчев В.А. 310, 314
Задачин А.В. 150
Заколдаев Д.А. 498
Затолокина А.Р. 691
Захаров И.В. 377, 385, 415

Захарченко В.С. 80
Захваткин Я.В. 478, 500
Здорова М.В. 151
Зубанова С.Г. 613
Зубкова А.Н. 557
Зубкова П.В. 76
Зубов С.А. 443
Зубрилин А.М. 94
Зуева Т.И. 614

И

Ибрагимов Д.Н. 457
Ибрагимов О.Я. 117
Иванов А.В. 152, 177
Иванов А.Е. 501, 523
Иванов А.С. 379, 386
Иванов В.Н. 120
Иванов Д.Н. 301
Иванов Н.С. 157
Иванов С.В. 440
Иванова Г.А. 672
Игнаткин М.М. 294
Игнаткин Ю.М. 34, 57, 432
Игонин Д.М. 444
Иед Каисс 23
Измайлова Д.М. 615

Й

Йин Н.В. 156

И

Ильинская О.И. 83
Ильясов Р.И. 213
Ингильдеев Р.Р. 153
Инь Бинь 715
Ионов А.В. 108, 112
Иордан Ю.В. 503
Ипатов М.С. 81
Иргалеев И.Х. 24
Исаев В.В. 155
Исаев Н.А. 594
Истратий А.Ю. 707

К

Кабанов А.С. 617
Кабанова Ю.А. 495
Каверина Л.В. 618
Кадеров В.А. 157
Казаков А.Н. 158
Казанцева А.А. 619
Казбек С.Б. 216
Казенин И.В. 159
Калёнова Н.В. 472
Калий В.А. 40
Калошина М.Н. 599, 720
Камалин А.В. 504
Каменский К.В. 254
Камышников И.Н. 711
Кан А.В. 256
Канев С.В. 70
Као Минь 161
Каранэ М.С. 445
Карасёва А.В. 621
Каргаев М.В. 25
Карелин О.О. 82
Карепин П.А. 622
Карманов В.И. 303
Картавцев А.С. 83
Картушина Н.В. 623
Каршиев Н.Т. 162
Каширин Д.А. 64
Кейно П.П. 192, 242
Кизеев И.С. 85
Кильметов Р.А. 163, 227
Ким В.П. 80, 87
Кириллов В.Ю. 149
Климентовский В.В. 250
Климов И.С. 164
Клиначев Н.В. 304
Клочков В.В. 624
Книга В.С. 132, 145
Князев А.С. 166
Ковтун С.А. 26
Коган И.Л. 312
Кожевников В.В. 90, 101
Козенбаева Ю.Л. 305
Козлов А.В. 238
Козлов А.Л. 257
Козлов Р.С. 625
Козлов Р.Ю. 258
Козяйчев А.Н. 27
Колбасов В.Н. 167
Колганов П.А. 446
Колдасова С.К. 168
Колесов К.А. 170
Коломоец Е.Н. 627
Комаров Д.А. 123
Комаров И.О. 171
Комова А.А. 628
Кондратенко А.Н. 608
Кондрашов Ю.Н. 172
Коновалова В.Г. 551, 692, 694
Коновальцев А.В. 153
Кононов Д.С. 448
Константинов Д.Ю. 306
Константинов М.С. 308
Конюхов И.К. 29
Коренев М.М. 309
Корнилов В.А. 387
Коробков К.А. 187
Коробовцев А.С. 290
Королева Е.А. 629
Короленко В.А. 505
Коротаева И.Э. 631
Коротков А.И. 310
Коротун В.Л. 632
Костенко В.М. 464
Костиков Ю.А. 455
Костишин М.О. 30, 38, 55
Котенко А.Р. 389
Котова А.М. 173
Кофман М.С. 175
Кочетков А.А. 312
Кочубей Д.Р. 176
Кошкин С.С. 506
Кощеева Е.О. 566
Кравченко В.В. 390
Краев В.М. 565, 586, 592, 665, 680, 708
Красильщиков М.Н. 138
Кремлев А.Н. 105
Кривилёв А.В. 382
Кромка К.В. 290
Круглов К.И. 86, 93
Кручинин М.М. 31
Крючков В.В. 171
Кудрявцева Н.С. 285, 311
Кузавлева В.Ю. 293, 298, 364
Кузнецов А.В. 47
Кузнецов П.М. 192
Кузнецова И.В. 609
Кузьменко А.П. 506
Кузьмина Д.Д. 633
Кузьминский А.Е. 618
Купреева А.Ю. 87
Куркин Е.И. 36, 478, 500, 508, 541
Куркова А.А. 634

Курмазенко Э.А. 312, 338
Куршев Е.В. 513, 515
Кутейникова Е.Н. 391
Кутина А.В. 259
Кутурин Н.С. 636
Кыласов М.Я. 314

Л

Лавлинская А.Д. 637
Лавров В.Г. 509
Лайзан В.В. 510
Лакштовский И.А. 260
Ларионова А.А. 32
Ларская Л.А. 638
Латыпов В.А. 152, 177
Латышева В.В. 639
Лащилин Н.Е. 625
Лебедев А.А. 300
Лебедев М.В. 89
Лебедева М.В. 460
Левкина Н.С. 511
Левкутина А.Ю. 641
Левочкина А.И. 642
Левченко Е.А. 481
Левченко Н.А. 643
Лельков К.С. 392
Леонов С.С. 426, 476
Лепехин Г.Н. 15
Лепешкин А.Р. 83
Лепешкин Д.С. 168
Лесик Е.С. 645
Лещук О.Г. 240
Лимонин М.В. 481
Лисейцев Н.К. 17
Лисов А.А. 433
Литвин Э.Ю. 659
Лифанов И.П. 646
Лобастов И.А. 315
Логинов Р.А. 48
Локтев М.А. 178
Лонский С.Л. 513, 515
Лошакова А.А. 647
Лукашова А.Е. 179
Лукьянов О.Е. 36
Лукьянов С.Д. 358
Лучков А.Н. 33
Лысаков Н.Д. 649
Лысакова Е.Н. 649
Лысенков А.В. 99
Любимская Е.Р. 650
Любимцева А.С. 652
Ляпина С.Ю. 677

М

Мазлумян Г.С. 316
Мазуров И.С. 167
Майгуров М.В. 358
Макарин М.А. 394
Макарова В.А. 653
Макашов А.А. 318
Макеев П.В. 34, 57
Максимов Д.Ю. 514
Максимов Н.А. 221, 222, 238
Макурин Н.М. 36, 508, 541
Малинина Г.А. 515
Малынкин К.В. 196
Манец А.А. 294
Маркевич П.Н. 37
Маркелов В.В. 30, 38
Маркин Л.В. 417
Мартынишин И.Е. 654
Мартьянов Е.П. 48
Масютина Н.М. 655
Матвеева А.В. 406
Матешук А.А. 656
Матюнин Л.В. 714
Матяш С.В. 99
Маунг З.М. 180
Махаева М.М. 303
Махнёв В.Н. 395, 410
Мевис Ф.А. 182
Мегрелишвили Г.Г. 396
Медведев А.М. 131, 234, 531
Медведева Ж.Н. 261
Мезенцев С.Е. 39
Мезина Н.А. 697
Мелехина А.И. 657
Мельдианова А.В. 659
Мельников А.В. 90
Мельников В.Е. 231
Меркурьев Д.В. 80, 87
Метельников А.А. 91
Мешанков Д.В. 660
Мин М.Т. 183
Минасян В.Б. 185
Мировой Ю.А. 490, 517
Миронов И.А. 319
Миронова М.А. 164
Миронова П.А. 661
Митин Н.Н. 581
Михайлов А.А. 547, 618
Михеев В.В. 186
Мицкевич Д.В. 662
Могулкин А.И. 93, 101
Моисеев Д.В. 321, 333
Моисеева С.Г. 321
Мокрова М.И. 397
Молоденков А.В. 449
Молоденкова Т.В. 449
Молодцов И.И. 664
Молотков А.А. 450
Монахова В.П. 97
Моргуль А.С. 518, 543
Морозов А.Ю. 448
Москалева А.Ю. 665
Москалёва Ю.А. 666
Москвичева Н.В. 650
Мошкова А.А. 322
Мулин П.В. 156
Муравей Л.А. 452
Муравьев Ю.В. 44
Муравьева Н.В. 668
Мурадова Н.М. 669
Мусаев С.Д. 519
Мусин С.М. 40
Мустюков П.Е. 191
Мухамедиев А.С. 216
Мучник Е.Д. 555
Мхитарян Г.А. 480
Мышелов Е.П. 622
Мякочин А.С. 113

Н

Нагорнов А.Ю. 323, 341
Надежкина Е.В. 337
Надирадзе А.Б. 65, 116
Назырова О.Р. 94
Найденов А.В. 398
Науменко К.М. 324
Наумов А.В. 480
Находнова А.В. 520
Нгуен В.В. 187
Нгуен Ван Ту 263
Нгуен Вьет Хунг 96
Нгуен Нгок Линь 264
Неборонов М.М. 452
Неверова Н.В. 671
Некрасова О.В. 710
Немыченков Г.И. 189
Ненахов Е.В. 453
Неретин Е.С. 374, 379, 381, 384, 386, 405

Нескородов А.В. 261, 265
Нечаев В.А. 55
Никитенко И.А. 395, 410
Никитин А.А. 326
Никитин С.А. 190
Никитюк И.С. 327
Никишин А.В. 543
Николаева Е.О. 196
Николаева Т.В. 300
Николичев И.А. 328
Никольская Е.Э. 672
Никулин С.А. 191
Никулина Е.Н. 634
Новиков А.С. 673
Новиков А.Ю. 192
Новиков Н.А. 522
Новиков С.В. 562
Нода И.Д. 193
Носков Д.Д. 194
Носов Г.А. 329

О

Облогина К.В. 723
Оборин Ф.С. 330
Обручева Е.В. 300, 710
Обухов В.А. 93, 101, 331
Овечкин А.Р. 586, 592
Оганезова Я.А. 652
Одинцова Е.И. 97
Односталко И.А. 333
Олексенко А.П. 674
Орлов А.А. 501, 523, 534
Осипов К.А. 42
Осипов П.В. 454
Осокина Е.С. 98
Охотников Д.А. 153

П

Павельчук М.В. 43
Павлик С.В. 99
Павлинов В.А. 212
Павлов А.В. 334
Павловский А.А. 212
Падалко С.Н. 645, 676
Палешкина Ю.В. 315
Панина Т.С. 677
Панков В.В. 139
Панков Н.А. 335
Панкратьева Е.В. 642
Парафесь С.Г. 292, 301, 323
Парфенова А.В. 677
Пархаев В.А. 196
Паршина П.В. 678
Пасынков В.В. 138
Паткин А.А. 336
Паткин Н.С. 197
Пахоменков А.В. 111
Пахунов А.С. 266
Пегачкова Е.А. 423
Пейсахович О.Д. 101
Пенкин С.С. 382
Перепечкин М.Е. 680
Перепечко С.В. 455
Перкова Е.П. 681
Перушкин С.И. 682
Пестриков С.И. 14
Петров А.С. 13
Петров И.С. 295
Петрова А.Р. 524
Петрова Е.Н. 102
Петрухин В.А. 186
Петухов В.Г. 308
Печко А.А. 683
Пименов Ю.М. 164
Пиндюрина М.О. 400
Питиримова В.В. 687
Пичугин С.Б. 103
Плосков С.Ю. 44
Плотникова Н.О. 198
Подгузов В.А. 206
Подкорытов А.Н. 267
Подшибнев В.А. 401, 411
Пожога О.З. 523
Поздняков К.Е. 190
Покрышкин А.И. 331
Полищук М.В. 45
Полищук Н.В. 685
Полторак Д.С. 402
Поляков С.В. 199
Поминов Д.А. 438
Пономарева Д.В. 526
Пономаренко А.Н. 456
Попов Г.А. 331
Попов С.С. 201
Попова А.С. 105
Породнова О.В. 106
Порцева Е.Ю. 457
Посадов В.В. 117
Потак А.Г. 686
Потапенко А.А. 324
Почестнев А.А. 681
Преображенский Е.В. 489, 544
Прищепова Д.С. 687
Прокопенко А.Д. 687
Пронина П.Ф. 310, 337, 345
Просвирина Н.В. 578, 615, 673, 688
Прохоренкова А.С. 690
Прохорова В.С. 691
Прохорова И.С. 662
Прошкин В.Ю. 312, 338
Прудников Ф.Е. 290
Пунтус А.А. 429, 458
Пыхтин А.В. 46, 530
Пятница А.С. 340

Р

Радько А.А. 692
Рахматуллин Р.Р. 65
Рахмилевич И.Е. 202
Ревизников Д.Л. 466
Ревина В.Д. 203
Редько М.Ю. 204
Ремизов А.Е. 82, 98
Ремчуков С.С. 106
Решетников Д.А. 377, 385, 415
Рогожина Л.А. 655, 693
Родченко В.В. 310, 314, 337
Рожков С.С. 268
Рожнин Н.Б. 394, 404
Ромайкина Г.С. 596
Романадзе Е.Л. 694
Романенков А.М. 130, 204, 425, 452
Романов В.И. 205
Ромашко А.С. 363
Русанов Д.В. 206
Руснак В.И. 208
Русских Н.М. 459
Русских С.В. 341
Рыбаков В.А. 460
Рыбакова Л.В. 671
Рябченко А.В. 696

С

Савельев А.А. 99
Савельев А.С. 405
Савин А.А. 462

Савостин Д.С. 495, 527
Садковский Б.П. 535
Садретдинова Э.Р. 314, 337
Садыкова Л.И. 406
Сазонова Т.В. 240, 266
Салосина М.О. 343
Сальников А.Ф. 102
Сальников Н.А. 344
Самойлов В.М. 496, 526
Самошкина Д.Д. 345
Самсонович С.Л. 394, 401, 411
Сапронов Д.И. 269
Сапунков Я.Г. 449
Сафиулина В.В. 697
Сафронов А.В. 463
Саханов К.Ж. 216
Сашина А.А. 522
Свердлов Б.Г. 259
Светлаков С.М. 407
Свиридова Е.С. 581, 582
Свотина В.В. 331
Севастьянов Ф.С. 464
Селезнёва Д.А. 347
Селиверстов С.Д. 108
Сельцова С.А. 348
Семавина Н.А. 54
Семенихин К.В. 421
Семенов С.А. 466
Семина А.П. 548, 564, 589, 629, 633, 694, 718
Сергеев А.В. 271
Сергеев С.И. 349
Сергеева Н.И. 47
Сергеенкова К.В. 610
Серебряков А.В. 529
Серпичева Е.В. 46, 530
Сидоров А.А. 209
Сизанов А.В. 288
Сикриер А.В. 402, 698
Силуянова М.В. 39, 61, 72, 74
Симакова В.С. 714
Симонов А.А. 210
Синявская Ю.А. 409
Сиренко А.И. 350
Скворцов М.С. 48
Скиданова Е.В. 531
Склярова А.П. 66
Скороход М.А. 700
Слабиков Б.А. 535
Сластушенский Ю.В. 466
Слезов С.С. 492, 518
Слитинская А.Ю. 14
Слитинская А.Ю. 14
Слитинская А.Ю. 48
Смирнов К.К. 533
Смирнов П.Е. 109, 110
Смирнова Н.А. 303
Смирнова О.В. 110
Смирнова Т.С. 618, 652, 666, 711
Соболь В.Р. 443
Сова А.Н. 288, 316
Соколов Д.А. 701
Соколов И.М. 252
Солдаткин В.М. 212
Солдатов А.Л. 272
Солнцев Г.А. 111
Соловьёв А.В. 213
Соляев Ю.О. 505
Сорокин А.А. 273
Сорокин А.Е. 617
Сорокин Ю.Д. 494
Спирина М.О. 508, 541
Станкевич А.М. 50, 215
Становская Я.В. 467
Стариков П.А. 112
Старчаус В.С. 230
Степаненко А.Ю. 50, 215
Степанов Н.В. 529
Степушин А.С. 534
Стец А.А. 352
Столяров Я.В. 395, 410
Столярчук В.А. 468, 469
Стрелец Д.Ю. 17
Стрижиус В.Е. 494
Строгонова Л.Б. 353
Строкач Е.А. 123
Суворов М.О. 70, 110
Суворова О.С. 702
Судаков Г.Г. 13
Сударева А.А. 155
Судас С.А. 106
Суркова Е.В. 657, 682
Суровежко А.С. 113
Суханов В.С. 139
Сухих Е.П. 411
Сухов Е.А. 471
Сыздыков А.Б. 216
Сытин Д.И. 355
Сычев А.В. 649
Сычёв А.В. 51

Т

Тайгин В.Б. 510
Талаев А.Д. 274
Тараненко А.А. 412
Тарасов В.И. 535
Тарасов С.Е. 354
Тартачная Д.С. 537
Терентьев М.Н. 276, 318, 319, 645
Терехин Н.А. 217
Терехов Р.И. 52
Тимощук Е.И. 526
Титов Е.В. 138
Титова А.С. 311
Титова Е.И. 414
Тихон В.И. 701
Тихонов А.И. 561, 590, 660, 688, 715, 716
Тихонов Г.В. 572, 604, 628
Тишин Н.А. 472
Ткач В.В. 78
Ткаченко О.И. 22, 26
Токунова А.А. 703
Толмачева А.А. 705
Толстова Я.А. 602
Толстых С.П. 218
Торишный Р.О. 473
Точилкин Н.Е. 411
Третьяков Н.К. 54
Третьякова Ю.Д. 664
Трифонова Ю.С. 219
Троянов Е.А. 327
Трубников А.А. 377, 415
Трубников А.В. 385
Трутнев В.Ю. 221
Трутнева Н.В. 222
Тузовская О.А. 706
Тулинова Е.Е. 157
Туманов М.В. 248
Тупицын А.В. 402, 415
Туркин И.К. 299
Тучина И.О. 141
Тымчук Д.О. 621
Тюменцев Ю.В. 444, 446

Тяпкин П.С. 277

У

Уваров Д.К. 355
Уланов А.А. 565
Уманский А.А. 223
Урюпин И.В. 224
Устьянцев А.Е. 62
Уханов Д.С. 707

Ф

Фадеев И.С. 226
Фараносов Г.А. 81
Фатихова Э.Р. 601, 660
Федерова И.Г. 33
Федоров А.В. 232
Федорова Е.Д. 475
Федотикова М.В. 537, 538
Федотова М.А. 558, 566, 587, 619, 669, 692, 706, 718
Федулов В.И. 690
Федунов Б.Е. 378, 389, 412
Федюшкин А.И. 429
Феоктистов В.А. 540
Фертиков А.О. 114
Фетисов В.С. 163, 227
Филипенков С.Н. 340
Филиппов Г.С. 122, 235
Филиппов Е.И. 228
Филиппов О.С. 235
Фирсанов В.В. 16
Фомина А.С. 708
Фомиряков В.В. 191
Фролов В.П. 710
Фролова Д.В. 406
Фролова Ю.Л. 116

Х

Хакимов А.В. 55
Халявина А.А. 229
Хамадов Р.Р. 358
Харитоненков А.И. 230
Хартов С.А. 70, 90, 110
Хейн Т.З. 231
Хоанг Ву Тан 232
Хоменко О.В. 117
Хомутская О.В. 190, 234
Хоперсков А.А. 235
Хорев Т.С. 392
Хорошилов 256
Хорошилов А.А. 256
Хорошко А.Л. 230, 236
Хорошко Л.Л. 133, 230, 236, 242
Хохлова Д.С. 711
Храмин Р.В. 118
Хренова Н.М. 690
Хромова С.А. 712

Ц

Цапко Е.Д. 476
Царапкин Р.А. 120

Ч

Чайка Н.К. 646
Чебаков Е.В. 356
Чекан А.А. 714
Чекина Е.А. 477
Чеметева А.И. 609
Черданцева Е.Д. 358
Чернова Т.А. 433
Черноморский А.И. 186, 392
Чертыковцева В.О. 478, 500
Черыгова Е.Е. 480
Четин В.И. 340
Чижиков С.Н. 715
Чикучинов Е.М. 237
Чирюкин Е.В. 581
Чуксина О.В. 631
Чунина М.Е. 716

Ш

Ша Мингун 121
Шабаева Р.В. 718
Шавня Р.А. 341
Шаимов М.А. 719
Шайн Йохан 109
Шакизадаев Б.Б. 281
Шакишева Л.Г. 359
Шангин И.А. 287, 360
Шапошников С.Н. 541
Шараха Н.А. 153
Шаройко Е.А. 671
Шаронов А.В. 221, 222, 238
Шаталов И.К. 238
Шаталова Е.Л. 720
Шатохина А.В. 721
Шаукенова К.С. 362
Шведов А.В. 542
Шеваль В.В. 404
Шевгунов Т.Я. 278
Шевкунов В.А. 122
Шевцов В.А. 274
Шевцов Д.А. 125
Шевченко А.В. 481
Шейпак О.А. 560
Шелагурова М.С. 240
Шелехова А.С. 56
Шелудько Л.Н. 672
Шелюхин Ю.Ф. 52
Шентяпина Е.С. 482
Шереметова М.М. 363
Шилов Е.А. 80, 87
Широков А.А. 241
Шишкин С.В. 46, 530
Шолотонова Е.С. 723
Шомов А.И. 34, 57
Шубина М.А. 293, 298, 364
Шукалов А.В. 30, 38, 498
Шулаков К.А. 123
Шумов М.Б. 392

Щ

Щербаков В.С. 483
Щербаков К.А. 261

Э

Эзрохи Ю.А. 85
Эйниев Эльчин 460

Ю

Юдаев С.В. 518, 527, 543
Юдин В.Н. 247
Юлдашева О.К. 304

Я

Яганов В.М. 484
Ягодников Д.А. 250
Яковец М.А. 81
Яковлев С.Ф. 488
Яковлева А.В. 710
Якурнова К.А. 544
Ялчик А.С. 662
Яновская Г.С. 655
Ярилов П.А. 365
Ярославский В.В. 242
Ярославцев Н.Л. 106
Яцкий М.А. 485

Для заметок

17-я Международная конференция
«Авиация и космонавтика – 2018»
Тезисы

17th International Conference
“Aviation and Cosmonautics – 2018”
Abstracts

Председатель Оргкомитета
Равикович Юрий Александрович
Учёный секретарь
Лунёва Надежда Сергеевна

Organizing Committee Chairman
Yury Ravikovich
Scientific secretary
Nadezhda Luneva

Подписано в печать 01.11.18
Формат 148x210 мм
Бумага офсетная. Усл.-изд. л. 42,3
Тираж 500 экз. Заказ №11279

Отпечатано
Типография «Люксор»
107076, г. Москва, 1-я улица Бухвостова, 12/11