

А.Ю. АФАНАСЬЕВ,

д-р техн. наук,

А.Р. КАРИМОВ,

студент,

Е.Е. СТУДНЕВА,

студент

(КНИТУ-КАИ, Казань)

afanasiev_co@mail.ru

Мотор-колесо для самолета

Представлены конструкция и принцип действия мотор-колеса для самолетного шасси. Целью работы является добавление функции торможения и повышение значений энергетических характеристик.

Самолет, колесо, синхронный электродвигатель, многослойный решетчатый магнитопровод, пневматические емкости, тормозные диски

A Wheel Motor for Aircraft Application

A.YU. AFANAS'EV, A.R. KARIMOV, AND E.E. STUDNEVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The design and operating principle of a wheel motor for landing gear are presented. The purpose of the work is to add the braking function and increase the energy performance.

Aircraft, wheel, synchronous electric motor, laminated lattice magneto conductor, pneumatic capacities, brake disks

А.Н. АРХИПОВ,
канд. техн. наук
(МАИ, Москва),
М.В. ВОЛГИНА
(ПАО «ОДК-Сатурн»,
Рыбинск),
А.А. МАТУШКИН,
канд. техн. наук,
Ю.А. РАВИКОВИЧ,
д-р техн. наук,
Д.П. ХОЛОБЦЕВ
(МАИ, Москва)
nio203_mai@mai.ru

Анализ влияния геометрических отклонений рабочих лопаток вентилятора на прочностные характеристики

Представлены результаты расчета прочностных характеристик лопаток вентилятора газотурбинного двигателя для регионального самолета с учетом производственных отклонений. Описаны анализируемые модели лопаток с различными геометрическими отклонениями на пере, расчетная модель узла вентилятора, оцениваемые прочностные характеристики, расчетная схема для комплекта лопаток. Приведен пример результатов расчета

Газотурбинный двигатель, вентилятор, лопатка, допуски, метод конечных элементов, прочность

Analysis of the Influence of Fan Blade Geometric Deviations on the Mechanical Strength

A.N. ARKHIPOV¹, M.V. VOLGINA², A.A. MATUSHKIN¹,
YU.A. RAVIKOVICH¹, D.P. KHOLOBTSEV¹

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

² PAO United Engine Corporation Saturn, Rybinsk

The results of the mechanical strength characteristics calculation taking into account manufacturing deviations are presented for the fan blades of a gas turbine engine for a regional aircraft. The analyzed models of blades with different geometric deviations on the airfoil, the design model of the fan assembly, the estimated mechanical strength characteristics, and the design scheme for a set of blades are described. An example of the calculation results is given.

Gas turbine engine, fan, blade, tolerances, finite element method, mechanical strength

К оценке несущей способности спиральных зажимов

А.Н. ДАНИЛИН,
д-р физ.-мат. наук,
С.И. ЖАВОРОНОК,
канд. физ.-мат. наук
(ИПРИМ РАН, Москва;
МАИ, Москва),
Л.Н. РАБИНСКИЙ,
д-р физ.-мат. наук
(МАИ, Москва)
rabinskiy@mail.ru

Рассматривается задача о взаимодействии спирального зажима с проводом (тросом, кабелем) с целью оценки несущей способности зажима и определения его конструктивно-технологических параметров. Формулируются краевые и начальные задачи для расчета конструктивных параметров многослойных натяжных и соединительных спиральных зажимов конечной длины. Дан алгоритм анализа несущей способности соединительного зажима, состоящего из токопроводящего алюминиевого слоя и внешнего стального протектора-фиксатора.

Спиральный зажим, проволочный слой, энергетическое осреднение, безмоментная цилиндрическая оболочка, несущая способность

On Estimating the Bearing Capacity of Spiral Wire Clamps

A.N. DANILIN¹, S.I. ZHAVORONOK^{1,2}, AND L.N. RABINSKII²

¹ Institute of Applied Mechanics of Russian Academy of Sciences, Moscow

² Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The interaction of a spiral wire clamp and a line conductor (cable, rope) is considered to estimate the bearing capacity of the wire clamp and to determine its structural and technological properties. The corresponding boundary value problems and Cauchy problems are formulated to compute the structural properties of multilayer tension and connecting spiral clamps of various finite lengths. An algorithm is given for the bearing capacity estimation of the connection clamp with conducting aluminum layer and external protective steel wire layer.

Spiral wire clamp, wire layer, energy averaging, cylindrical membrane shell, bearing capacity

Структурная оптимизация силовых конструкций с учетом нагрева

А.С. КРЕТОВ,
д-р техн. наук
(Нанкинский ун-т авиации
и аэронавтики, Нанкин),
П.А. ШАТАЕВ,
магистр
(КНИТУ-КАИ, Казань)
kretov-ac@mail.ru

Рассматривается решение задачи определения топологии нагретой силовой конструкции и размеров силовых элементов, обеспечивающих минимальную податливость в рамках заданной массы, с использованием критериального метода эволюционной оптимизации. Решены тестовые примеры.

Структурная оптимизация, нагретая силовая конструкция, минимальная податливость

Structural Optimization of Load-Bearing Heated Structures

A.S. KRETOV¹ AND P.A. SHATAEV²

¹ Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper considers the solution of the problem of determining the topology of the heated load-bearing structure and the size of the load-carrying elements that provide minimum compliance within a given mass using the criteria method of evolutionary optimization. The test cases are solved.

Structural optimization, heated load-bearing structure, minimum compliance

Интегральный способ поверхностного демпфирования изгибных колебаний тонкостенных конструкций

В.Н. ПАЙМУШИН,

д-р физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань;
КФУ, Казань),

В.А. ФИРСОВ,

д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),

В.М. ШИШКИН,

д-р техн. наук
(ВятГУ, Киров)
vafirsov_49@mail.ru

Обсуждаются вопросы эффективности применения используемых в настоящее время способов поверхностного демпфирования изгибных колебаний тонкостенных конструкций. Анализируются особенности поверхностного демпфирования колебаний с использованием свободного и связанного слоев демпфирующего материала с физической точки зрения и практического применения. Предложен комбинированный вариант демпфирующего покрытия, позволяющий интегрировать положительные качества обоих способов. Осуществлено экспериментальное сравнение эффективности известных и предложенного способов демпфирования изгибных колебаний тонкостенных конструкций с использованием метода свободных затухающих колебаний.

Тонкостенная конструкция, изгибные колебания, поверхностное демпфирование, свободный слой, связанный слой, интегральный способ, эксперимент, сравнение результатов

An Integral Method of Surface Damping of Flexural Vibrations for Thin-Walled Structures

V.N. PAIMUSHIN^{1,2}, V.A. FIRSOV¹, AND V.M. SHISHKIN³

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

³ Vyatka State University, Kirov

The paper discusses the effectiveness of currently used methods of surface damping of flexural vibrations for thin-walled structures. The special features of surface damping of vibrations using the free and constraining layer damping are analyzed from the physical point of view and practical application. A combined damping coating is proposed, which allows integrating the positive qualities of both of the above methods. An experimental comparison of the effectiveness of the known and proposed methods for damping of bending vibrations of thin-walled structures is made using the method of free damped oscillations.

Thin-walled structure, flexural vibrations, surface damping, free layer, constraining layer, integral method, experiment, comparison of results

Исследование влияния целевой и обеспечивающей аппаратуры на работу датчиков магнитометра космического аппарата «Фотон-М» № 2

Г.П. АНШАКОВ,
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,
А.И. БЕЛОУСОВ,
д-р техн. наук,
А.В. СЕДЕЛЬНИКОВ,
д-р техн. наук,
Ю.Я. ПУЗИН,
канд. техн. наук
(Самарский ун-т, Самара)
aibelousov@mail.ru

Проанализированы данные измерений трех датчиков магнитометра с целью оценки значимости влияния работы целевой и обеспечивающей аппаратуры на адекватность измерений магнитного поля Земли бортовыми средствами космического аппарата «Фотон-М» № 2 технологического назначения. Приведены результаты исследования, демонстрирующие значимость проблемы влияния и позволяющие разработать меры по его устранению, что особенно актуально при проектировании новых малых космических аппаратов.

Космический аппарат, датчики магнитометра, бортовые средства измерений, тест адекватности

Effect of the Objective and Supporting Equipment on Operation of the Magnetometer Sensors of the Spacecraft "Foton-M" No. 2

G.P. ANSHAKOV, A.I. BELOUSOV, A.V. SEDEL'NIKOV, AND YU.YA. PUZIN

Samara University, Samara

The measurement data of three magnetometer sensors were analyzed in order to assess the significance of effect of the objective and supporting equipment operation on the adequacy of measurements of the Earth's magnetic field onboard the technological spacecraft "Foton-M" No. 2. The research results demonstrate the significance of the problem of such effect and allow us to develop measures to eliminate it. It is especially relevant for designing new small spacecraft.

Spacecraft, sensors of magnetometer, onboard measuring instruments, adequacy test

Алгоритм отделения транспортного пилотируемого корабля «Союз МС» от нестабилизированной Международной космической станции

В.Н. БАКУЛИН,
канд. техн. наук
(ИПРИМ РАН, Москва),

Н.В. БОГОМОЛОВ,
аспирант,

С.В. БОРЗЫХ,
д-р техн. наук
(ПАО РКК «Энергия»
им. С.П. Королёва, Королёв)

vbak@yandex.ru

Предлагается простой в реализации алгоритм, обеспечивающий безопасное (безударное) отделение транспортного пилотируемого корабля «Союз МС» от портов малых исследовательских модулей «Рассвет» (МИМ-1) и «Поиск» (МИМ-2) Международной космической станции при произвольной ориентации станции на момент разделения и угловых скоростях, превышающих предельно допустимые для действующего алгоритма расстыковки. Описан критерий безударности процесса отделения, приведена полная математическая модель, использованная для проведения вычислений.

Алгоритм отделения, пилотируемый корабль, орбитальная станция, относительное движение, безударность отделения

The Separation Algorithm of Soyuz MS Spacecraft from Nonstabilized International Space Station

V.N. BAKULIN¹, N.V. BOGOMOLOV², AND S.V. BORZYKH²

¹ Institute of Applied Mechanics, Russian Academy of Sciences, Moscow

² PAO S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energiya, Korolev

An easy-to-implement separation algorithm ensuring the safe (collision-free) separation of the Soyuz MS spacecraft from the ports of the Rassvet (MRM-1) and Poisk (MRM-2) Mini-Research Modules of the International Space Station at an arbitrary station altitude at the time of separation and angular velocities exceeding the maximum permissible ones for the current undocking algorithm, is provided. A criterion of collision-free separation process is described. A comprehensive mathematical model used for calculations is presented.

Separation algorithm, manned spacecraft, orbital space station, relative motion, collision-free separation

Синтез робастного регулятора системы стабилизации линии визирования оптико-электронной системы авиационного базирования с учетом насыщения исполнительных устройств

Г.Л. ДЕГТЯРЕВ,
д-р техн. наук,
Р.Н. ФАЙЗУТДИНОВ,
канд. техн. наук,
И.О. СПИРИДОНОВ,
аспирант,
Ш.И. ГУБАЙДУЛЛИН,
аспирант,
И.Д. КУДРЯВЦЕВ,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань),
rustemfn@gmail.com

Разработана методика многокритериального синтеза робастного регулятора системы стабилизации линии визирования оптико-электронной системы с учетом эффекта насыщения исполнительных устройств на основе теории политопных линейных параметрических систем. С вычислительной точки зрения процедура синтеза регулятора сводится к выпуклой оптимизации при ограничениях, выраженных в форме линейных матричных неравенств. Проведен многокритериальный синтез робастного закона управления для рассматриваемой системы стабилизации.

Система стабилизации, робастный регулятор, насыщение исполнительного устройства, линейные матричные неравенства

Robust Controller Synthesis for Airborne Electro-Optical Device Line-of-Sight Stabilization System with Saturating Actuators

G.L. DEGTYAREV, R.N. FAIZUTDINOV, I.O. SPIRIDONOV,
SH.I. GUBAIDULLIN, AND I.D. KUDRYAVTSEV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A technique of multiobjective robust controller synthesis for an electro-optical device line-of-sight stabilization system with saturating actuators is developed on the basis of polytopic linear parameter-varying system theory. From the computational point of view, the synthesis procedure is reduced to convex optimization under constraints expressed in the form of linear matrix inequalities. The multiobjective synthesis of the robust control law for the stabilization system being considered is performed.

Stabilization system, robust controller, saturating actuator, linear matrix inequalities

Расчет основных проектных параметров реактивного пенетратора для движения в лунном грунте

В.А. ЗАГОВОРЧЕВ,

канд. техн. наук,

В.В. РОДЧЕНКО,

д-р техн. наук

(МАИ, Москва)

zagovorchevva@mai.ru

Рассмотрена возможность использования пенетраторов для исследования подповерхностных слоев Луны, указаны возможные варианты запуска. Приведены зависимости, позволяющие с достаточной точностью рассчитать массу пенетратора, глубину проникания и возникающие при этом перегрузки. Продемонстрировано использование на пенетраторе твердотопливного двигателя.

Пенетратор, Луна, грунт, реголит, проникание

Calculation of Main Design Parameters of a Reactive Penetrator Intended for Movement in Lunar Soil

V.A. ZAGOVORCHEV AND V.V. RODCHENKO

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The possibility of using penetrators to study the subsurface layers of the Moon is considered, possible launch options are indicated. Dependencies are given that allow calculating the penetrator mass, penetration depth, and arising overloads with sufficient accuracy. The use of a solid propellant engine on a penetrator is demonstrated.

Penetrator, Moon, soil, regolith, penetration

Об одном способе улучшения аэродинамических характеристик самолета на больших углах атаки и в штопоре

М.А. ГОЛОВКИН,

д-р техн. наук,

В.Г. ГОРБУНОВ,

канд. техн. наук,

А.А. ЕФРЕМОВ,

канд. техн. наук

(ФГУП «ЦАГИ», Жуковский),

Д.К. ДРАЧ,

В.А. ПОДОБЕДОВ,

д-р техн. наук

(АО «ОКБ им. А.С. Яковлева»,

Москва)

spintest@tsagi.ru

На основе экспериментальных исследований моделей в вертикальной аэродинамической трубе найдено аэродинамическое решение – наплыв перед стабилизатором определенной геометрии, – позволяющее существенно улучшить характеристики режима штопора и производить вывод из штопора различными методами, что особенно важно для учебно-тренировочного самолета. Приведены результаты экспериментов на динамически подобных свободно летающих моделях, подтверждающие указанные улучшения характеристик режима штопора, а также экспериментов на весовых моделях, объясняющие полученные положительные эффекты.

Штопор, вертикальная аэродинамическая труба, демпфирование вращения, боковая статическая устойчивость, большие углы атаки

A Method to Improve the Aircraft Aerodynamic Characteristics at High Angles of Attack and in Spin

M.A. GOLOVKIN¹, V.G. GORBUNOV¹, A.A. EFREMOV¹,
D.K. DRACH², AND V.A. PODOBEDOV²

¹ Zhukovsky Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI), Zhukovsky

² Yakovlev Experimental Design Bureau, Moscow

Based on the experimental studies of models in a vertical wind tunnel, an aerodynamic solution was found in the form of an extension in front of the horizontal tail of a certain geometry, allowing considerable improvement of spin characteristics and ensuring the spin recovery by various methods that is especially important for a trainer aircraft. The paper presents the results of experiments on dynamically similar free-flying models confirming the improvement of spin characteristics and experiments on weight models proving the positive effects obtained.

Spin, vertical wind tunnel, rotation damping, lateral static stability, high angles of attack

Решение одной классической задачи газовой динамики

На примере решения классической газодинамической задачи показаны возможные причины возникновения периодических процессов в многорядных решетках высоконапорных рабочих колес центробежных компрессоров.

А.В. ЕФИМОВ

(ФГУП «ЦИАМ

им. П.И. Баранова», Москва)

krylat@mail.ru

Центробежные ступени, многорядные решетки, обтекание цилиндров, периодические процессы

Solution of One Classical Gas Dynamics Problem

A.V. EFIMOV

Baranov Central Institute of Aviation Motors Development (TsIAM), Moscow

Probable causes of periodic processes in multi-row vane cascades of high-pressure impellers in centrifugal compressors are revealed through the example of solution the classical gas dynamic problem.

Centrifugal stages, multi-row vane cascades, flow around a cylinder, periodic processes

Выбор модели турбулентной вязкости для численного расчета эжектора с криволинейным участком камеры смешения

С.С. КАРТАС,
аспирант,
В.И. ПАНЧЕНКО,
канд. техн. наук,
Ю.Б. АЛЕКСАНДРОВ,
канд. хим. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
alexwischen@rambler.ru

Приведены результаты численного исследования эжекторов с криволинейным участком камеры смешения. Дано обоснование выбора модели турбулентности. Исследовано влияние относительного радиуса кривизны отвода на потери давления и обосновано применение разработанной методики для расчета эжекторов с криволинейным участком камеры смешения.

Эжектор, камера смешения, радиус кривизны, отвод, потери полного давления, диффузор

Selection of the Turbulent Viscosity Model for Numerical Calculation of the Ejector with a Curvilinear Section of the Mixing Chamber

S.S. KARTAS, V.I. PANCHENKO, AND YU.B. ALEKSANDROV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper presents the calculation results for ejectors with a curvilinear section of the mixing chamber. The choice of a turbulence model is reasoned. The effect of the relative radius of the bleed-off curvature on the pressure loss is analyzed and the application of the developed methodology for calculating ejectors with a curvilinear section of the mixing chamber is justified.

Ejector, mixing chamber, curvature radius, bleed-off, total pressure loss, diffuser

Анализ влияния малого изменения формы острого конуса на положение его центра давления при сверхзвуковом и гиперзвуковом обтекании с малым углом атаки

Ю.А. МОКИН,
д-р физ.-мат. наук
(АО «ГРЦ Макеева», Миасс;
ЮУрГУ, Миасс),
В.И. КИСЕЛЕВ,
канд. техн. наук
(ЮУрГУ, Миасс),
А.С. МЕЩАНОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vliv52@mail.ru

Рассмотрена задача оценки максимально возможных величин вариаций положения центра давления при заданном ограничении величин вариаций поверхности острого конуса. Получено интегральное выражение изменения положения центра давления для заданного изменения формы конуса. Приведены численные оценки возможных изменений положения центра давления острого конуса с малыми искажениями поверхности при различных числах Маха. Указаны основные безразмерные параметры, «критерии подобия», характеризующие и определяющие решение задачи.

Сверхзвуковой летательный аппарат, тело вращения, острый конус, малые углы атаки, слабые вариации поверхности, центр давления

Impact Analysis of Sharp Cone Shape Small Changes on the Position of its Pressure Center at Supersonic and Hypersonic flow with a Small Angle of Attack

YU.A. MOKIN^{1,2}, V.I. KISELEV², AND A.S. MESHCHANOV³

¹ OAO V.P. Makeev State Rocket Center, Miass

² South Ural State University (National Research University), Miass

³ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The problem of evaluating the maximum possible variations on position of the pressure center is considered for a given limitation of the surface variation values of the sharp cone. An integral expression for the change in the position of the pressure center for a given change in the shape of the cone is obtained. Numerical estimates of possible changes in the position of the pressure center of a sharp cone with small surface distortions at various Mach numbers are presented. The main dimensionless parameters, the “similarity criteria”, characterizing and determining the solution of problem, are indicated.

Supersonic aircraft, body of rotation, sharp cone, small angles of attack, slight surface variations, center of pressure

Применение неявной схемы Мак-Кормака для расчета сверхзвуковых турбулентных струй с использованием параболизированных уравнений Навье – Стокса

А.М. МОЛЧАНОВ,
д-р техн. наук,
А.С. МЯКОЧИН,
д-р техн. наук,
И.Н. БОРОВИК,
канд. техн. наук,
А.С. ТУШКАНОВ
(МАИ, Москва)
myakochinas@mai.ru

Для решения уравнений, описывающих течение сверхзвуковых турбулентных струй, разработан эффективный безусловно устойчивый численный метод, не требующий инверсии блочных трехдиагональных систем алгебраических уравнений. Получены результаты по данному методу, согласующиеся с результатами расчетов на основе других методов и экспериментальными данными.

Сверхзвуковые струи, турбулентность, сжимаемость, уравнения Навье – Стокса, параболизация

Application of the Implicit Maccormack Method for Computation of Supersonic Turbulent Jets Using Parabolized Navier–Stokes Equations

A.M. MOLCHANOV, A.S. MYAKOCHIN, I.N. BOROVIK, AND A.S. TUSHKANOV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

An effective unconditionally stable numerical method for solving equations describing the flow of supersonic turbulent jets is developed. The method does not require the inversion of block tridiagonal systems of algebraic equations. The results obtained according to this method are in fairly close agreement with the calculations results on the basis of other methods and experimental data.

Supersonic jets, turbulence, compressibility, Navier–Stokes equations, parabolization

Оценка технических рисков (надежности) изделий авиакосмической техники в процессе проектирования и отработки

А.С. АФАНАСЬЕВ,

д-р техн. наук,

Ю.Л. ВЯЩЕНКО,

д-р техн. наук,

К.М. ИВАНОВ,

д-р техн. наук,

С.А. МАТВЕЕВ,

канд. техн. наук

(БГТУ «ВОЕНМЕХ»,

Санкт-Петербург)

89312074552@yandex.ru

Достижение точности и достоверности выполнения всей номенклатуры требований к образцам авиакосмической техники предполагает использование системной координации решения задач по всему спектру показателей и параметров с анализом рисков. Теоретическая и прикладная база реализации системной координации со-держится в подходе на основе инновационной информационно-системной методологии управления рисками.

Авиакосмическая техника, разработка, требования, управление, информационно-системная методология, риски, надежность, неопределенность, информационные критерии, оптимизация

Assessment of Technical Risks (Reliability) of Aerospace Equipment in the Process of Design and Development

A.S. AFANAS'EV, YU.L. VYASHCHENKO, K.M. IVANOV, AND S.A. MATVEEV

Ustinov Baltic State Technical University "Voenmekh", St. Petersburg

Achieving the accuracy and reliability of the entire range of requirements for samples of aerospace equipment involves the use of system coordination of tasks across the spectrum of indicators and parameters with risk analysis. The theoretical and applied basis for the implementation of system coordination is the approach based on the innovative information system methodology of risk management.

Aerospace equipment, development, requirements, management, information system methodology, risks, reliability, uncertainty, information criteria, optimization

В.А. СЫЧЕНКОВ,
канд. техн. наук,
А.С. ЛИМАНСКИЙ,
канд. техн. наук,
В.М. ЮСЕФ,
аспирант,
В.В. АНКУДИМОВ,
магистрант,
С.С. СЕЙИД ДЖАФАРИ,
студент
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vladimir.ankudimov@inbox.ru

Малоразмерный газотурбинный двигатель для беспилотного летательного аппарата

Представлены результаты разработки и изготовления малоразмерного газотурбинного двигателя для беспилотного летательного аппарата. Рассматриваются особенности расчета основных элементов его проточной части – центробежного компрессора, противоточной камеры сгорания и радиально-осевой турбины. Описывается конструкция входного и выходного устройства, опор ротора и системы смазки.

Малоразмерный газотурбинный двигатель, беспилотный летательный аппарат, турбокомпрессор, центробежный компрессор, противоточная камера сгорания, радиально-осевая турбина

Micro Gas Turbine Engine for Unmanned Aerial Vehicles

V.A. SYCHENKOV, A.S. LIMANSKII, W.M. YOUSEF, V.V. ANKUDIMOV,
AND S.S. SEYID JAFARI

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The results of development and manufacture of a micro gas turbine engine for an unmanned aerial vehicle are presented. The calculation features of the main elements of the engine blading section, namely, a centrifugal compressor, a reverse-flow combustor, and a radial-axial turbine are considered. The design of the inlet and output duct, rotor bearings, and lubrication system is described.

Micro gas turbine engine, unmanned aerial vehicle, turbocharger, centrifugal compressor, reverse-flow combustor, radial-axial turbine

Метод экспресс-анализа механического, эрозионного и загрязняющего воздействия плазменной струи электроракетного двигателя на крупный объект космического мусора

С.С. БЛЯХАРСКИЙ,
аспирант,
Я.С. БЛЯХАРСКИЙ,
аспирант,
А.Б. НАДИРАДЗЕ,
д-р техн. наук,
Р.Р. РАХМАТУЛЛИН
(МАИ, Москва)
nadiradze@mai.ru

Предложен метод экспресс-анализа механического, эрозионного и загрязняющего воздействия плазменной струи электроракетного двигателя на крупный объект космического мусора в процессе его увода с защищаемой орбиты на орбиту захоронения. Приведены результаты аналитического и численного расчетов, совпадение которых подтверждает корректность предложенного метода.

Объект космического мусора, сервисный космический аппарат, увод с орбиты, плазменная струя, электроракетный двигатель, механическое воздействие, эрозионное воздействие, загрязняющее воздействие, метод экспресс-анализа

Method for Express Analysis of Mechanical, Erosion and Contaminating Impact of Plasma Jet of Electric Propulsion Thruster onto the Large Object of Space Debris

S.S. BLYAKHARSKII, YA.S. BLYAKHARSKII, A.B. NADIRADZE,
AND R.R. RAKHMATULLIN

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

A method for express analysis of mechanical, erosion and contaminating impact of plasma jet of electric propulsion thruster onto the large object of space debris during its de-orbiting from a protected orbit to the disposal one is presented. The results of analytical and numerical calculations are agreed that verifies the method validity.

Space debris object, service spacecraft, de-orbiting, plasma jet, electric propulsion thruster, mechanical impact, erosion impact, contaminating impact, express analysis method

Термоэмиссионные методы охлаждения термонапряженных элементов перспективных многоразовых средств выведения

А.В. КОЛЫЧЕВ,
канд. техн. наук,
В.А. КЕРНОЖИЦКИЙ,
канд. техн. наук,
М.В. ЧЕРНЫШОВ,
д-р техн. наук
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
vakern@mail.ru

Рассматривается технология термоэмиссионной тепловой защиты термонапряженных элементов авиационной и ракетно-космической техники, основанная на явлении термоэлектронной эмиссии. Приведены результаты расчетных оценок снижения температуры поверхности термонапряженных подсистем многоразовых космических кораблей и средств выведения при применении данной технологии.

Термоэлектронная эмиссия, электронное охлаждение, термоэмиссионная тепловая защита

Thermionic Methods of Cooling for Thermostressed Elements of Advanced Reusable Launch Vehicles

A.V. KOLYCHEV, V.A. KERNOZHITSKII, AND M.V. CHERNYSHOV

Ustinov Baltic State Technical University "Voenmekh", St. Petersburg

The technology of thermionic thermal protection of thermostressed elements for aviation and space equipment is discussed. This technology is based on the thermionic emission phenomenon. Estimations of temperature decrease of the surface of thermostressed subsystems of reusable spacecraft and orbital launch vehicles at the thermionic thermal protection application are given.

Thermionic emission, electron cooling, thermionic thermal protection

Н.А. ПРОТАСОВА,
канд. техн. наук
(ООО «АХТЗ», Казань),
Н.П. ВЕЛИКАНОВА,
д-р техн. наук,
П.Г. ВЕЛИКАНОВ,
канд. физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
А.А. АХМАДЕЕВ
(ОАО «КМПО», Казань),
И.Ш.С. САЛИХ,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
nprotasova@bk.ru

Исследование стабильности производства дисков турбин газоперекачивающих агрегатов по механическим свойствам

Выполнен статистический анализ исходного уровня прочностных характеристик сплава ЭИ698-ВД дисков турбины высокого давления двигателей семейства НК, работающих в составе газоперекачивающих агрегатов. Представлены результаты оценки стабильности дискового производства за период 1998–2015 гг. по механическим свойствам.

Статистический анализ механических свойств, диски турбины газоперекачивающих агрегатов

Study of Mechanical Properties Stability in the Production of Turbine Disks for Gas Compressor Units

N.A. PROTASOVA¹, N.P. VELIKANOVA², P.G. VELIKANOV²,
A.A. AKHMADEEV³, I.SH.S. SALIH²

¹ ООО AtomKhimTekhZashchita (AKhTZ), Kazan

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

³ Kazan Motor Building Association (KMPO), Kazan

A statistical analysis of the baseline strength characteristics of the EI698-VD alloy disks of high-pressure turbines of the NK family engines operating as a part of gas compressor units is performed. The results of the assessment of mechanical properties stability in the disk production for the period 1998–2015 are presented.

Statistical analysis of mechanical properties, turbine disks of gas compressor units

Регазификация низкокипящих углеводородных топлив

В.Г. ТОНКОНОГ,
канд. техн. наук,
С.Н. АРСЛАНОВА,
канд. техн. наук,
А.Л. ТУКМАКОВ,
д-р физ.-мат. наук,
Н.А. ТУКМАКОВА
(КНИТУ-КАИ, Казань)
tonkonogvg@yandex.ru

Рассмотрены методы перевода сжиженных углеводородных топлив на основе метана и водорода в газообразное состояние. Выполнено численное исследование режимных параметров процесса регазификации водорода и метана, позволяющее определять эксплуатационные характеристики регазификаторов.

Способы регазификации, устройства, жидкий водород, сжиженный природный газ, двухфазный поток, расчет характеристик процесса регазификации

Regasification of Low-Boiling Hydrocarbon Fuels

V.G. TONKONOG, S.N. ARSLANOVA, A.L. TUKMAKOV,
AND N.A. TUKMAKOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

Methods of transformation of liquefied hydrocarbon fuels on the basis of methane and hydrogen in a gaseous state are considered. The hydrogen and methane regasification condition parameters are numerically researched that allows defining production characteristics of regasification plant.

Methods of regasification, devices, liquid hydrogen, liquefied natural gas, two-phase stream, calculation of regasification process characteristics

Л.Б. ГЕЦОВ,
д-р техн. наук
(ОАО «НПО ЦКТИ»,
Санкт-Петербург),

А.Б. ЛАПТЕВ,
д-р техн. наук
(ФГУП «ВИАМ», Москва),

А.И. ПУЗАНОВ,
канд. техн. наук
(АО «ОДК-Авиадвигатель»,
Пермь),

Н.М. ШЕЛЯПИНА
(ОАО «НПО ЦКТИ»,
Санкт-Петербург)

laptev@bk.ru

Сульфидно-оксидная коррозия современных жаропрочных сплавов

Обсуждаются вопросы влияния коррозионной среды на прочностные характеристики жаропрочных сплавов при повышенных температурах. Приводятся результаты коррозионных испытаний двух жаропрочных сплавов на никелевой основе, имитирующих процессы сульфидно-оксидной коррозии сплавов при эксплуатации. По полученным зависимостям для испытаний длительностью до 1000 ч определены экстраполированные значения удельных изменений массы за 5000 ч при температурах 600–750 °С.

Жаропрочные сплавы, потеря массы, коррозионная среда, длительная прочность

Sulfide-Oxide Corrosion of Modern Heat-Resistant Alloys

L.B. GETSOV¹, A.B. LAPTEV², A.I. PUZANOV³, N.M. SHELYAPINA¹

¹ Polzunov Scientific and Development Association on the Research and Design of Power Equipment, St. Petersburg

² All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials, Moscow

³ AO Aviadvigatel', Perm

The influence of the corrosive environment on strength characteristics of heat-resistant alloys at high temperatures is discussed. The results of corrosion tests for two heat-resistant Nickel-based alloys simulating the processes of alloy sulfide-oxide corrosion during operation are presented. Extrapolated values of specific mass changes for 5000 h at temperatures of 600–750 °C were determined using the mathematical models obtained for tests lasted up to 1000 h.

Heat-resistant alloys, mass loss, corrosive environment, long-term strength

Износ и эрозионная стойкость композитных элементов авиационного двигателя в газоабразивном потоке

А.В. ЗИНИН,
канд. техн. наук,
С.В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ,
канд. техн. наук,
А.К. ЛЕБЕДЕВ
(МАИ, Москва),
В.А. КРУПЕННИКОВ
(ПАО «ОДК-Сатурн»,
Рыбинск),
А.О. ШЕВЯКОВ
(МАИ, Москва)
allzin@yandex.ru

Представлены результаты экспериментального исследования эрозионной стойкости конструкционного углепластика применительно к элементам конструкций газотурбинного двигателя. Разработана методика определения характеристик процесса газоабразивного изнашивания тонкостенных конструкций из полимерных композиционных материалов. Установлены факторы, определяющие степень абразивного воздействия пылегазовой смеси, образующейся на этапах взлета и посадки. Предложен критерий оценки эрозионной стойкости материалов.

Композиционные материалы, эрозия, износ, разрушение, газоабразивный поток, скорость уноса

Wear and Erosion Resistance of Aircraft Engine Composite Elements in a Gas Abrasive Flow

A.V. ZININ¹, S.V. DOBROVOL'SKII¹, A.K. LEBEDEV¹,
V.A. KRUPENNIKOV², A.O. SHEVYAKOV¹

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

² PAO United Engine Corporation Saturn, Rybinsk

The results of the experimental study of the constructional carbon fiber reinforced plastic (CFRP) erosion resistance applied to gas turbine engine structural elements are presented. A methodology for characterizing the process of gas abrasive wear of thin-walled constructions made of polymer composite materials has been developed. The factors are found that determine the level of the abrasive effect of dust and gas mixture formed at the take-off and landing. A material erosion resistance assessment criterion is presented.

Composite materials, erosion, wear, damage, gas abrasive flow, ablation rate

Исследование влияния вибраций на стойкость концевых фрез при обработке титановых сплавов

М.Б. САЗОНОВ,

канд. техн. наук,

А.Н. ШВЕЦОВ,

А.И. САФИН,

канд. техн. наук

(Самарский ун-т, Самара)

shvecovalexey@yandex.ru

Рассматриваются вопросы влияния вибраций на работоспособность концевых фрез при обработке заготовок из титановых сплавов. Представлены исследования влияния вибраций на стойкость фрез, зависимости стойкости от параметров режима резания. Рассмотрены вопросы биения зубьев фрез и способы его снижения.

Концевая фреза, вибрации, биение, стойкость, режим резания, титановый сплав

Research of the Effect of Vibration on the Durability of end Mills at Machining Titanium Alloys

M.B. SAZONOV, A.N. SHVETSOV, AND A.I. SAFIN

Samara University, Samara

The paper considers problems of the effect of vibrations on the end mills operability at machining titanium alloy blanks. Investigations of the influence of vibrations on the durability of end mills and dependences of the durability on the cutting condition parameters are presented. The paper investigates a problem of the mill teeth run-out and methods of its reduction.

End mill, vibrations, run-out, durability, cutting conditions, titanium alloy

Об улучшении сходимости вычислений упругих характеристик конструкции при использовании аппарата функции чувствительности

В.А. КОСТИН,
д-р техн. наук,
Н.Л. ВАЛИТОВА,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vakostin@kai.ru

Рассматривается процедура уточнения расчетной модели по известным экспериментальным данным с помощью функции чувствительности. Представлен алгоритм решения и регуляризация.

Тонкостенная конструкция, алгоритм чувствительности, регуляризация

On Improving the Convergence of Calculating the Elastic Properties in a Structure by Means of the Sensitivity Function

V.A. KOSTIN AND N.L. VALITOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

We consider the procedure of refinement in a calculation model according to the known experimental data using the sensitivity function. A solution algorithm and regularization are presented.

Thin-walled structure, sensitivity algorithm, regularization

Травмобезопасность пассажира в виртуальных сертификационных испытаниях блока авиационных кресел

Л.П. ШАБАЛИН,
канд. техн. наук,
И.Н. СИДОРОВ,
д-р физ.-мат. наук,
А.В. ГОРЕЛОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
sidorovin@mail.ru

Разработана эквивалентная схема конечно-элементного расчета травмирования манекена при динамических испытаниях авиационных кресел на продольно-вертикальный удар. Предложенная схема виртуальных испытаний позволяет оценить критерии травмобезопасности манекена с использованием упрощенной расчетной модели, включающей ремень безопасности, фрикционную муфту и энергогаситель.

Блок авиационных кресел, сертификационные испытания, динамическое нагружение, манекен, критерий НИС

Risk of Passenger Injuries in the Virtual Certification Tests of an Aircraft Seat Unit

L.P. SHABALIN, I.N. SIDOROV, AND A.V. GORELOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

An equivalent scheme of finite element modeling of dummy injury in dynamic longitudinal tests of aircraft seats is developed. The proposed scheme of virtual testing allows the injury criteria of a dummy to be evaluated using a simplified computational model that includes a belt, a joint coupling and a shock absorber.

Aircraft seat unit, certification tests, dynamic loading, dummy, Head Injury Criterion (HIC)

Исследование возможности моделирования запаздывания на переходных режимах полета вертолета

А.М. ГИРФАНОВ,
д-р техн. наук,
О.А. ЛЕДЯНКИНА
(КНИТУ-КАИ, Казань),
Р.Ш. ГИМАДИЕВ
(КГЭУ, Казань)
led_o@mail.ru

Предлагается способ имитационного моделирования переходных процессов нагружения вертолета в полете. Приведены формулы, позволяющие имитировать запаздывание. Представлен пример численного моделирования переходного режима полета.

Динамика полета, вертолет, коэффициент торможения

Investigation of Modeling Possibility for Lagging of a Helicopter Operating in Transient Flight Regimes

A.M. GIRFANOV¹, O.A. LEDYANKINA¹, AND R.SH. GIMADIEV²

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Kazan State Power Engineering University, Kazan

An imitation method is proposed for modeling the in-flight transient loading processes of a helicopter. Formulas are presented, which allow performing imitation of lagging. An example of numerical modeling for a transient flight regime is presented.

Flight dynamics, helicopter, lag coefficient

Система стабилизации оптической оси камеры в кардановом подвесе на подвижном основании

Предлагается способ построения системы стабилизации оптической оси камеры с помощью ПИ-регуляторов и каскадных наблюдателей оценки приведенных возмущений, вызванных внешними и параметрическими возмущениями. Получены оценки возмущений, использующиеся в законе управления вентильными двигателями для повышения точности стабилизации абсолютной угловой скорости оптической оси камеры. Приведены результаты моделирования, подтверждающие эффективность предложенной системы стабилизации.

В.И. ГАРКУШЕНКО,
канд. техн. наук,
П.А. ЛАЗАРЕВА,
канд. физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vigark@yandex.ru

Стабилизация угловой скорости оптической оси, подвижное основание, вентильный двигатель, оценивание и компенсация возмущений

Stabilization System for the Camera Optical Axis in a Gimbal on a Moving Platform

V.I. GARKUSHENKO AND P.A. LAZAREVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

We propose a method of constructing a stabilization system for the camera optical axis using PI controllers and cascaded observers of the estimate of the reduced disturbances caused by external and parametric disturbances. The obtained disturbance estimates are used in the control law of brushless direct current motors to increase the stabilization accuracy of the absolute angular velocity of the camera optical axis. The simulation results confirm the effectiveness of the proposed stabilization system.

Stabilization of the optical axis angular velocity, moving platform, brushless direct current motor, estimation and compensation of disturbances

Нормирование труда: особенности серийного и опытного производств

И.Ш. ШАРАФЕЕВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
В.А. МАРКОВЦЕВ,
д-р техн. наук
(УНИАТ, Ульяновск)
sh_ilgizar_sh@mail.ru

Представлены некоторые результаты отработки и внедрения системы САПР НТ «Norma», предназначенной для повышения эффективности технологии авиационного производства в части управления технологическими процессами механообработки. Выполнен краткий обзор способов нормирования с использованием компьютерных технологий, применяемых на предприятиях авиационной отрасли. Показаны особенности интеграции систем автоматизации технологического назначения. Представлен результат научных исследований по разработке укрупненных нормативов для условий опытного производства.

Нормирование труда, расчет трудоемкости, укрупненное нормирование, автоматизация нормирования труда

Labor Rating: Special Aspects of Batch and Pilot Production

I.SH. SHARAFEEV¹ AND V.A. MARKOVITSEV²

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² AO "Ulyanovsk NIAT", Ulyanovsk

Some results related to the development and implementation of the NORMA Work Standards CAD system are given. The system is designed for improving the efficiency of aircraft production technologies in terms of mechanical processing management. A brief review of computer based standardization methods used by aircraft production companies is carried out. The special aspects of integration of process-oriented automation systems are given. The result of research on the development of integrated standards for pilot production is presented.

Labor rating, labor intensity calculation, integrated standardization, automated labor rate setting