

Исследование кинетики изменения эксплуатационных свойств масел для авиационных газотурбинных двигателей

С целью разработки метода оценки ресурса работоспособности определены значения кинематической вязкости при температурах 100 и –40 °С, кислотного числа и количества осадка, нерастворимого в изооктане, критической нагрузки и диаметра пятна износа, высоты и времени разрушения столба пены, а также предела прочности уплотнительных резин марок ИРП-1316, ИРП-1287 и 51-1434 авиационных масел в состоянии поставки и после окисления при температурах 200, 225, 240 °С. Проведена оценка влияния воды в концентрациях 0,01, 0,1 и 1 % на эксплуатационные свойства масел. На основе полученных математических зависимостей значений свойств от времени и температуры окисления проведена оценка времени работоспособности штатного масла для авиационных газотурбинных двигателей и редукторов вертолетов.

Л.С. ЯНОВСКИЙ,

д-р техн. наук,

В.М. ЕЖОВ,

канд. техн. наук,

М.А. ИЛЬИНА

(ЦИАМ им. П.И. Баранова,

Москва)

mailina@ciam.ru

Смазочные масла, работоспособность, влияние воды, термоокислительная стабильность

Investigation of the Kinetics of Changes in Performance of Oil for Aircraft Gas Turbine Engines

L.S. YANOVSKII, V.M. EZHOV, AND M.A. IL'INA

P.I. Baranov Central Institute of Aviation Motors, Moscow

In order to develop a method for assessing the service life, the values of kinematic viscosity at temperatures of 100 °C and minus 40 °C, acid number and amount of sediment insoluble in isooctane, critical load and the wear scar diameter, height and time of destruction of the foam column, as well as the tensile strength of IRP-1316, IRP-1287 and 51-1434 sealing rubbers of aviation oils were determined in the state of delivery and after oxidation at temperatures of 200, 225 and 240 °C. The influence of water in concentrations of 0.01, 0.1 and 1% on the performance properties of oils, was estimated. Based on the mathematical dependences obtained for the property values on the time and temperature of oxidation, the estimation of the operating time of the standard oil for aircraft gas turbine engines and helicopter gearboxes was carried out.

Lubricating oils, operability, influence of water, thermal and oxidative stability

Флаттер конической оболочки

Рассматривается флаттер конической оболочки конечной длины. Приведен современный алгоритм без насыщения применительно к задаче флаттера конической оболочки, рассмотрены конкретные расчеты, демонстрирующие его высокую эффективность.

С.Д. АЛГАЗИН,
д-р физ.-мат. наук
(ИПМех РАН, Москва)
algazinsd@mail.ru

Коническая оболочка, задачи на собственные значения, численный алгоритм без насыщения

Flutter of a Conical Shell

S.D. ALGAZIN

Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS, Moscow

The flutter of a conical shell of finite length is under consideration. The paper presents the actual algorithm without saturation in relation to the flutter problem of a conical shell. Specific calculations are considered that demonstrate its high efficiency.

Conical shell, eigenvalue problems, numerical algorithm without saturation

Механическая модель космического лифта. Статика

А.Н. ДАНИЛИН,
д-р физ.-мат. наук
(ИПРИМ РАН, Москва),

Е.А. ДЕНИСОВ,
студент
(МФТИ, Долгопрудный),

Е.С. ОНУЧИН
(ИПРИМ РАН, Москва;
МФТИ, Долгопрудный),

В.А. ФЕЛЬДШТЕЙН,
д-р техн. наук
(ИПРИМ РАН, Москва;
МФТИ, Долгопрудный)

andanilin@yandex.ru

Исследуется статическое состояние космического лифта, представляющего собой платформу, удерживаемую на круговой орбите натянутым упругим тросом, в сферически симметричном поле гравитационно-центробежных сил. Для выбора рациональных массовых и орбитальных параметров системы рассмотрены два варианта троса в приближении тяжелой упругой нити – однородный трос и трос равного сопротивления. Получены соотношения между массой платформы, радиусом ее орбиты и характеристиками троса, которые обеспечивают его прочность и натяжение, необходимые для функционирования подъемника, «развозящего» выводимые спутники по их орбитам.

Космический лифт, орбита, гравитация, центробежная сила, платформа, трос, натяжение, прочность, равное сопротивление

Mechanical Model of a Space Elevator. Statics

A.N. DANILIN¹, E.A. DENISOV², E.S. ONUCHIN^{1,2}, AND V.A. FEL'DSHTEIN^{1,2}

¹ IAM RAS, Moscow

² MIPT, Dolgoprudny

The paper investigates the static state of a space elevator that is a platform held in a circular orbit by a stretched elastic cable in a spherically symmetric field of gravitational-centrifugal forces. To select rational mass and orbital parameters of the system, two variants of the cable in the approximation of a heavy elastic thread are considered, namely, a homogeneous cable and a uniform-strength cable. The relations between the mass of the platform, the radius of its orbit, and the characteristics of the cable are obtained, which provide its strength and tension necessary for operation of the lift “delivering” the output satellites in their orbits.

Space elevator, orbit, gravity, centrifugal force, platform, cable, tension, strength, uniform strength

К оценке параметров математических моделей, характеризующих прочность летательного аппарата после критических ситуаций

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

Рассматривается подход к исследованию аварийных и отказавших объектов авиационной техники на основе данных деформации из натурного эксперимента. Решается задача идентификации жесткостей ребер отсека фюзеляжа, работающих на растяжение-сжатие при действии внешней нагрузки согласно модели Ю.Г. Одинокова. При минимизации функционала качества применяется итерационное уточнение с использованием матриц чувствительности для нахождения жесткостей ребер отсека. Получены численные результаты, показывающие пригодность подхода для диагностики состояния конструкции.

Фюзеляж, идентификация, дефект, функция чувствительности

To Estimation of the Parameters of Mathematical Models Characterizing the Strength of an Aircraft after Critical Situations

V.A. KOSTIN, N.L. VALITOVA, AND A.I. GERASIMOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

An approach to the study of emergency and failed aircraft objects is considered based on deformation data of the full-scale experiment. The problem of identifying stiffness of the fuselage compartment stringers working in tension-compression under the action of an external load is solved according to the Yu.G. Odinokov model. When minimizing the quality functional, the iterative refinement is applied using sensitivity matrices to find the stiffness of compartment stringers. Numerical results are obtained showing the suitability of the approach for diagnosing the condition of the structure.

Fuselage, identification, defect, sensitivity function

Влияние порядка системы уравнений движения летательного аппарата при реализации адаптивной системы управления с онлайн-идентификацией параметров объекта управления

Рассматривается возможность упрощения математической модели движения самолета, используемой при построении адаптивного регулятора, базирующегося на принципе обратной динамики. Эффективность регулятора, синтезируемого на основе такой упрощенной модели движения, проверяется как в штатных условиях пилотирования, так и при отказах элементов системы самолет – летчик. Для оценки точности выполнения задачи отслеживания при использовании разных вариантов синтеза регулятора проводятся экспериментальные исследования на пилотажном стенде.

А.В. ЕФРЕМОВ,
д-р техн. наук,
А.И. ЩЕРБАКОВ
(МАИ, Москва)
pvl@mai.ru

Адаптивный регулятор, обратная динамика, параметрическая идентификация, метод наименьших квадратов, безопасность полета

Influence of the Order of Vehicle Motion Equations in the Implementation of an Adaptive Flight Control System with the Real Time Identification of Controlled Element Dynamics Parameters

A.V. EFREMOV AND A.I. SHCHERBAKOV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The possibility of simplifying the mathematical model of aircraft motion, used to design an adaptive controller based on the principle of dynamic inversion, is considered. The effectiveness of a controller synthesized using such a simplified model is tested in standard piloting conditions and in the case of a pilot-aircraft system failure. To assess the accuracy of a tracking task for different variants of controller synthesis, flight simulator-based experiments were carried out.

Adaptive controller, dynamic inversion, parametric identification, least squares method, flight safety

Адаптивное нейросетевое управление универсальным мехатронным модулем космического назначения

И.Б. ФУРТАТ,
д-р техн. наук
(ИПМаш РАН,
Санкт-Петербург),
Ю.А. ЖУКОВ,
Е.Б. КОРОТКОВ,
канд. техн. наук
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова),
Р.А. ПРЯНИЧНИКОВ
(АО «РЕШЕТНЁВ»,
Железнодорожск)
zh_kv@mail.ru

Представлен обзор методов адаптивного нейросетевого управления исполнительными приводами на основе шагового двигателя. Определяется модель универсального исполнительного мехатронного модуля с шаговым приводом. Описываются исследуемые полеориентированные классический пропорционально-интегрально-дифференциальный, нейросетевой радиально-базисный и нейросетевой сигмоидальный адаптивные алгоритмы управления приводом. Демонстрируются результаты моделирования цифровой системы управления универсальным мехатронным модулем в номинальном режиме и условиях параметрических и функциональных неопределенностей.

Адаптивное управление, нелинейная система, сигмоидальная искусственная нейронная сеть, радиально-базисная искусственная нейронная сеть, шаговый двигатель

Adaptive Neural Network Control of Space-Mission Universal Mechatronic Module

I.B. FURTAT¹, YU.A. ZHUKOV², E.B. KOROTKOV², AND R.A. PRYANICHNIKOV³

¹ Institute for Problems in Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg

² Baltic State Technical University “Voenmeh”, Saint Petersburg

³ JSC “ISS-Reshetnev Company”, Zheleznogorsk

A review of methods for adaptive neural network control of actuators based on a stepper motor is presented. A model of a universal mechatronic module with a stepper motor is defined. The investigated field-oriented classical proportional-integral-derivative, neural network radial-basis, and neural network sigmoidal adaptive motor control algorithms are described. The results of modeling the digital control system for the universal mechatronic module at nominal parameters and under the influence of parametric and functional uncertainties are demonstrated.

Adaptive control, nonlinear system, sigmoid neural network, radial basis function neural network, stepper motor

М.В. АМБРОЖЕВИЧ,

канд. техн. наук

(ХАИ, Харьков),

А.С. КАРТАШЕВ,

канд. техн. наук

(ООО «Вектор», Харьков),

А.В. КОРНЕВ,

канд. техн. наук

(ХАИ, Харьков),

К.В. МИГАЛИН,

канд. техн. наук

(ООО НПФ «Ротор»,

Тольятти),

В.А. СЕРЕДА,

д-р техн. наук

(ХАИ, Харьков)

koral.v15@gmail.com

Активная генерация подъемной силы в интегральной аэродинамической компоновке крыло-эжектор

Показан эффект активной генерации подъемной силы электрической импеллерной двигательной установкой в интегральных аэродинамических компоновках летательных аппаратов вертикального взлета и посадки с утопленным воздухозаборным устройством и верхним реданом в фазе старта с поверхности.

Генерация подъемной силы двигательной установкой, летательный аппарат вертикального взлета и посадки, крыло-эжектор, интегральная аэродинамическая компоновка с утопленным воздухозаборным устройством и верхним реданом, электрическая импеллерная двигательная установка, фаза старта, численный и натурный эксперимент

Active Generation of Lift Force in the "Wing-Ejector" Integral Aerodynamic Configuration

M.V. AMBROZHEVICH¹, A.S. KARTASHEV², A.V. KORNEV¹,
K.V. MIGALIN³, AND V.A. SEREDA¹

¹ Kharkov Aviation Institute, Kharkiv

² Vektor Ltd, Kharkiv

³ Rotor RPC Ltd, Togliatti

The effect of active generation of lift force by an electric impeller propulsion system in integral aerodynamic configurations of vertical take-off and landing aircraft with a flush intake device and an upper step in the stage of start from surface, is shown.

Generation of lift force by a propulsion system, vertical take-off and landing aircraft, wing-ejector, integral aerodynamic configuration with a flush intake and upper step, electric impeller propulsion system, start stage, numerical and full-scale experiment

П.В. БУЛАТ,
д-р физ.-мат. наук,
Л.О. ВОКИН,
аспирант,
П.С. ЧЕРНЫШОВ,
аспирант
(ФГАОУ ВО
«Севастопольский
государственный
университет»,
Севастополь; БГТУ
«ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
pashachp8@gmail.com

Исследование применимости моделей турбулентности для расчетов центробежного компрессора микротурбинного двигателя в условиях ламинарно-турбулентного перехода

Проводится исследование влияния выбранной математической модели при моделировании проточной части компрессора микротурбинного двигателя. Представлено существенное влияние модели турбулентного движения на характер течения газа внутри компрессора, его коэффициент сжатия и коэффициент полезного действия.

Компрессор, ламинарно-турбулентный переход, модель турбулентности, численное моделирование

Study of Applicability of Turbulence Models for Calculations of a Microturbine Engine Centrifugal Compressor under Laminar-Turbulent Transition Conditions

P.V. BULAT^{1,2}, L.O. VOKIN^{1,2}, P.S. CHERNYSHOV^{1,2}

¹ Sevastopol State University, Sevastopol

² Baltic State Technical University "Voenmeh", Saint Petersburg

The influence of the selected mathematical model in simulation of the compressor flow passage of the microturbine engine, is studied. The significant influence of the turbulent model on the character of gas flow in compressor, its compression ratio and efficiency, is shown.

Compressor, laminar-turbulent transition, turbulence model, numerical simulation

Совершенствование системы управления аэродинамическими характеристиками крыла беспилотного летательного аппарата

И.А. МОИСЕЕВ,

К.В. ОСИНЦЕВ,

канд. техн. наук,

С.И. КУСКАРБЕКОВА,

А.А. ЕРШОВ

(ЮУрГУ, Челябинск)

sanyayershov2000@yandex.ru

Решаются системная техническая и технологическая проблемы использования беспилотных летательных аппаратов. Представлены результаты моделирования методом конечных элементов лопастей NASA-0018 различной хорды, а также их конфигурации с закрылками и интерцепторами. Предложен алгоритм нейросети для прогнозного регулирования формы крыльев беспилотного летательного аппарата. Приведены области применения системы управления аэродинамическими характеристиками крыла беспилотных летательных аппаратов.

Нейронная сеть, аэродинамика, механизация, беспилотный летательный аппарат

Improvement of the Control System for the Wing Performance of an Unmanned Aerial Vehicle

I.A. MOISEEV, K.V. OSINTSEV, S.I. KUSKARBEKOVA, AND A.A. ERSHOV

South Ural State University, Chelyabinsk

This study focuses on solving the systemic technical and technological problem of using unmanned aerial vehicles. The paper presents the results of finite element modeling of NASA-0018 blades of various chords, as well as their configurations with flaps and spoilers. A neural network algorithm is proposed for predictive regulation of the wing shape for an unmanned aerial vehicle. The areas of application of the control system for the wing performance of unmanned aerial vehicles are given.

Neural network, aerodynamics, high-lift devices, unmanned aerial vehicles

Н.В. ПРОДАН,
канд. физ.-мат. наук,
А.А. КУРНУХИН,
аспирант
(ФГАОУ ВО
«Севастопольский
государственный
университет»,
Севастополь;
БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
anton.kurnuhin@yandex.ru

Исследование аэродинамики пропульсивного фюзеляжа вертолета

Исследован пропульсивный профиль определением оптимального расхода воздуха, отбираемого с поверхности, и его сравнением с расходом воздуха двигателей, установленных на вертолете. Выполнено сравнение подъемной силы, создаваемой разработанным профилем, со стартовым весом вертолета.

Аэродинамический профиль, пропульсивная аэродинамика, пропульсивный профиль, энергетические методы аэродинамики

Study of Aerodynamics of Propulsive Helicopter Fuselage

N.V. PRODAN^{1,2} AND A.A. KURNUKHIN^{1,2}

¹ Sevastopol State University, Sevastopol

² Baltic State Technical University "Voenmeh", Saint Petersburg

The propulsive airfoil is investigated by determining the optimum air flow rate taken from the surface and comparing it with the air flow rate of the engines installed on the helicopter. The lift force generated by the developed airfoil is compared with the helicopter launch weight.

Airfoil, propulsive aerodynamics, propulsive airfoil, energy methods of aerodynamics

Е.Ю. ПРОСВИРЯКОВ,

д-р физ.-мат. наук

(Институт машиноведения

УрО РАН, Екатеринбург;

УрФУ, Екатеринбург;

КНИТУ-КАИ, Казань),

С.А. МИХАЙЛОВ,

д-р техн. наук,

О.А. ЛЕДЯНКИНА,

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань),

Л.С. ГОРУЛЕВА

(Институт машиноведения

УрО РАН, Екатеринбург;

УрФУ, Екатеринбург)

evgen_pros@mail.ru

Точные решения уравнений Навье – Стокса в приближении Буссинеска для описания течений бинарных жидкостей

Построен новый класс точных решений уравнений Обербека – Буссинеска для описания диффузионных конвективных течений несжимаемых сред с учетом массовых сил, концентрационных источников (стоков) и джоулевой диссипации. Поле скоростей описывается квадратичными формами относительно двух пространственных координат. Анонсируемое точное решение обобщает класс точных решений Линя – Сидорова – Аристова. Концентрация растворенного вещества, давление и поле массовых сил описываются нелинейными формами четвертой степени.

Точные решения, конвекция, уравнения Обербека – Буссинеска, диссипативная функция, диффузия, бинарная жидкость

Exact Solutions to the Navier–Stokes Equations with Boussinesq Approximation for Describing Binary Fluid Flows

E.YU. PROSVIRYAKOV^{1,2,3}, S.A. MIKHAILOV³,
O.A. LEDYANKINA³, AND L.S. GORULEVA^{1,2}

¹ Institute of Engineering Science, Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg

² Ural Federal University, Ekaterinburg

³ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A new class of exact solutions of the Oberbeck–Boussinesq equations is constructed to describe diffusion convective flows of incompressible media taking into account mass forces, concentration sources (sinks), and Joule dissipation. The velocity field is described by quadratic forms with respect to two spatial coordinates. The announced exact solution generalizes the class of Lin–Sidorov–Aristov exact solutions. The solute concentration, pressure, and mass force field are described by nonlinear fourth-degree forms.

Exact solutions, convection, Oberbeck–Boussinesq equations, dissipative function, diffusion, binary fluid

Влияние некоторых факторов разложения теплозащитного материала на коэффициент расхода утолщенного сопла

Средствами вычислительной гидродинамики проведены исследования влияния температуры и состава вдуваемых продуктов разложения теплозащитного материала на коэффициент расхода утолщенного сопла. Анализ проведен при согласованном расчете интенсивности вдуваемых продуктов разложения в основной поток с изменением теплового потока по тракту входного участка сопла. Показано изменение параметров потока по длине входного участка сопла и изменение коэффициента расхода в зависимости от параметров вдуваемого газа.

А.Н. САБИРЗЯНОВ,
канд. техн. наук,
Р.А. ШАЙДУЛЛИН,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
ansabirzyanov@kai.ru

Ракетный двигатель на твердом топливе, утолщенное сопло, теплозащитный материал, температура разложения, тепловой поток, продукты разложения, параметр вдува, химическое взаимодействие, параметры потока, коэффициент расхода, вычислительная гидродинамика

The Impact of Some Factors of Thermal Protection Material Degradation on the Discharge Coefficient of the Recessed Nozzle

A.N. SABIRZYANOV AND R.A. SHAIDULLIN

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

Computational fluid dynamics was employed to study the effect of temperature and composition of injected thermal protection degradation products on the discharge coefficient of the recessed nozzle. The analysis was carried out together with simulation of blowing intensity of degradation products into the main flow with variation of the heat flux along the nozzle entrance. The behavior of flow parameters over the nozzle entrance region and variation of the discharge coefficient depending on the parameters of injected gas were described.

Solid propellant rocket engine, recessed nozzle, thermal protection material, degradation temperature, heat flux, degradation products, blowing ratio, chemical interaction, flow parameters, discharge coefficient, computational fluid dynamics

**Повышение точности численного моделирования
вентиляторной ступени за счет учета
производственных отклонений лопаток**

Проводится численное моделирование аэродинамических характеристик вентилятора с учетом производственных отклонений лопаток. Основным способом получения информации о производственных отклонениях являются контрольно-измерительные мероприятия, выполненные по завершении всех этапов производства лопатки. Расчет аэродинамических характеристик выполнен в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo. Результаты численного моделирования сопоставлены с экспериментальными данными.

А.Н. АРХИПОВ,
канд. техн. наук,
Ю.А. РАВИКОВИЧ,
д-р техн. наук,
Д.П. ХОЛОБЦЕВ,
А.О. ШЕВЯКОВ
(МАИ, Москва)
shevyakovart@yandex.ru

Авиационный газотурбинный двигатель, численное моделирование, ступень вентилятора, лопатка, вычислительная аэродинамика, производственные отклонения, NUMECA

**Improving the Accuracy of Numerical Simulation
of the Fan Stage by Taking into Account the Production
Deviations of Blades**

A.N. ARKHIPOV, YU.A. RAVIKOVICH, D.P. KHOLOBTSEV, AND A.O. SHEVYAKOV
Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

Numerical simulation of the fan stage aerodynamic characteristics is carried out taking into account the production deviations of blades. The main way to obtain information about production deviations is monitoring and measuring carried out upon completion of all stages of blade production. The calculation of aerodynamic characteristics is performed in the NUMECA Fine/Turbo software package. The results of numerical simulation are compared with experimental data.

Aircraft gas turbine engine, numerical simulation, fan stage, blade, computational fluid dynamics, production deviations, NUMECA

Одномерная модель для расчета параметров потока в сверхзвуковом воздухозаборнике

В.Ю. ГИДАСПОВ,
д-р физ.-мат. наук,
Д.С. МОСЕЕВ,
Н.С. СЕВЕРИНА
канд. физ.-мат. наук
(МАИ, Москва)
severina@mai.ru

Приводятся физико-математическая и вычислительная модели течения в воздухозаборнике. Воздушный поток моделируется как смесь совершенных газов с учетом зависимости термодинамических свойств от температуры и давления. Приводятся результаты сравнения расчетных данных, полученных для полетных условий и стендовых испытаний.

Воздухозаборник, двигательная установка, многокомпонентный газ, высокоскоростной поток, коэффициент полного давления

One-Dimensional Model for Calculation of Flow Parameters in a Supersonic Air Intake

V.YU. GIDASPOV, D.S. MOSEEV, AND N.S. SEVERINA

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

This paper contains physical-mathematical and computational models of the flow in the air intake. The air flow is modeled as a mixture of perfect gases taking into account the dependence of thermodynamic properties on the temperature and pressure. The paper provides the results of comparing the calculated data obtained for flight conditions and bench tests.

Air intake, propulsion system, multicomponent gas, high-velocity flow, total pressure coefficient

Расчетно-экспериментальные исследования модуля пластинчатого теплообменника малоразмерного газотурбинного двигателя с регенерацией тепла

С.С. РЕМЧУКОВ,

канд. техн. наук,

И.В. ОСИПОВ,

Р.Н. ЛЕБЕДИНСКИЙ,

Е.А. ПОЛЯКОВ,

К.И. ШМАГИН

(ЦИАМ

им. П.И. Баранова, Москва)

ssremchukov@ciam.ru

По результатам расчетно-экспериментальных исследований получены теплогидравлические характеристики пластинчатой теплообменной поверхности с перекрещивающимися гофрами и теплообменной матрицы. Подтверждена эффективность конструктивного решения модульного теплообменника с возвратом потока в камеру сгорания прямоточного типа.

Малоразмерный газотурбинный двигатель, пластинчатый теплообменник, теплогидравлические характеристики

Numerical and Experimental Studies of the Plate Heat Exchanger Module of the Small-Sized Gas Turbine Engine with Heat Recovery

S.S. REMCHUKOV, I.V. OSIPOV, R.N. LEBEDINSKII,

E.A. POLYAKOV, AND K.I. SHMAGIN

P.I. Baranov Central Institute of Aviation Motors, Moscow

The thermal and hydraulic characteristics of the plate heat exchange surface with crisscrossing corrugations and the heat exchange matrix were received according the results of numerical and experimental studies. The efficiency of the modular heat exchanger design with the return of the flow to the combustion chamber of the direct-flow type was confirmed.

Small-sized gas turbine engine, plate heat exchanger, thermal and hydraulic characteristics

Источники автоколебаний в эжекторном пульсирующем воздушно-реактивном двигателе

С использованием экспериментальных, численных и аналитических методов исследуются источники энергии и механизмы, подводящие энергию к колебательной системе эжекторного пульсирующего воздушно-реактивного двигателя, поддерживающего акустические автоколебания газа.

К.А. СИДЕНКО
(ТГУ, Тольятти)
sidenkokirill@mail.ru

Пульсирующий воздушно-реактивный двигатель, экспериментальный образец, газодинамический процесс, электроакустические аналогии, теплоподвод, быстрое преобразование Фурье

Sources of Self-Oscillations in an Ejector Pulsejet Engine

K.A. SIDENKO

TSU, Togliatti

Energy sources and mechanisms supplying energy to the oscillating system of an ejector pulsejet engine that supports gas acoustic self-oscillations, are researched. The study is carried out using experimental, numerical and analytical methods.

Ejector pulsejet engine, experimental prototype, gas dynamic process, electroacoustic analogies, heat supply, fast Fourier transform

**Интеллектуальная адаптивная система поддержки
принятия экипажем воздушного судна решений
по обходу очагов грозовой деятельности**

Г.В. КОВАЛЕНКО,
д-р техн. наук,
И.А. ЯДРОВ,
К.А. КУЦ,
канд. техн. наук
(СПбГУ ГА,
Санкт-Петербург)
pilotkuts@ya.ru

Представлены результаты разработки адаптивной системы, осуществляющей интеллектуальную поддержку членов экипажа воздушного судна при принятии ими решений по обходу очагов грозы с целью оптимизации маршрута воздушного судна и обеспечения приемлемого уровня экономичности с точки зрения затрат топлива.

Автоматизация, оптимизация, интеллектуальные системы, адаптивные системы, системы поддержки принятия решений, гроза

**Intelligent Adaptive Flight Crew Decision Support System
for Thunderstorm Avoidance**

G.V. KOVALENKO, I.A. YADROV, AND K.A. KUTS

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation, Saint-Petersburg

This paper presents the results of developing the adaptive system that provides intelligent support to the flight crews in making a decision to avoid a thunderstorm to optimize the aircraft flight route while ensuring an acceptable fuel efficiency level.

Automation, optimization, intelligent systems, adaptive systems, decision support systems, thunderstorm

Анализ точности электронной системы пространственного измерения воздушных параметров движения летательного аппарата с неподвижным приемником набегающего потока

Б.И. МИФТАХОВ,
аспирант,
В.М. СОЛДАТКИН,
д-р техн. наук,
В.В. СОЛДАТКИН,
д-р техн. наук,
Е.С. ЕФРЕМОВА,
канд. техн. наук,
А.В. НИКИТИН,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
w-soldatkin@mail.ru

Рассматриваются преимущества и перспектива применения на различной авиационной технике и малоразмерных летательных аппаратах электронной системы пространственного измерения воздушных параметров движения с неподвижным приемником набегающего потока и ультразвуковыми измерительными каналами с частотными первичными информативными сигналами и встроенным вычислителем. Разработаны аналитические модели, проведен расчет и анализ инструментальных и методических погрешностей измерительных каналов рассматриваемой электронной системы.

Летательный аппарат, движение, воздушные параметры, измерение, электронная система, погрешности, аналитические модели, расчет, анализ точности

Analysis of Accuracy of the Electronic System with the Fixed Receiver of Incoming Flow for Spatial Measuring the Aircraft Motion Air Parameters

B.I. MIFTAKHOV, V.M. SOLDATKIN, V.V. SOLDATKIN,
E.S. EFREMOVA, AND A.V. NIKITIN

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The advantages and prospects are considered of using an electronic system for spatial measurement of air motion parameters having a fixed incoming flow receiver and ultrasonic instrumentation channels with frequency primary informative signals and a built-in computer on various aviation equipment and small-sized aircraft. Analytical models were developed, the calculation and analysis of instrumental and methodic errors of the instrumentation channels of the electronic system under consideration was carried out.

Aircraft, motion, air parameters, measuring, electronic system, errors, analytical models, calculation, accuracy analysis

Т.Р. БИЛАЛОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань;
КНИТУ, Казань),
А.Д. САБИРОВА,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань),

А.З. ПОПОВА,
канд. хим. наук
(МФТИ, Москва;
ООО «Страта Солюшенс»,
Москва)
trbilalov@kai.ru

**Возможности сверхкритических
флюидных технологий в задаче модификации
полимерных композитных материалов,
применяемых в авиастроении**

Рассмотрены методы модификации полимерных композиционных материалов в среде сверхкритических флюидов с целью улучшения их характеристик. Выявлены основные преимущества и недостатки представленных методов, в частности энергоэффективность и экологичность использования сверхкритических флюидов.

Полимерные композиционные материалы, сверхкритические флюиды, полимеризация, импрегнация

**Possibilities of Supercritical Fluid Technologies in the Task
of Modification of Polymer Composite Materials Used
in Aircraft Engineering**

T.R. BILALOV^{1,2}, A.D. SABIROVA¹, A.Z. POPOVA^{3,4}

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Kazan National Research Technological University, Kazan

³ Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Moscow

⁴ Strata Solutions LLC, Moscow

The paper deals with the methods of modification of polymer composite materials in supercritical fluid medium in order to improve their characteristics. The main advantages and disadvantages of the presented methods are revealed, especially energy efficiency and environmental friendliness of using the supercritical fluids.

Polymer composite materials, supercritical fluids, polymerization, impregnation

Совершенствование процесса формовки для получения тонкостенных осесимметричных деталей усеченной сужающейся формы

Е.Г. ДЕМЬЯНЕНКО,
д-р техн. наук
(Самарский ун-т, Самара),
А.А. ЛЕВАГИНА,
магистр
(СибГИУ, Новокузнецк)
aline.levagina@yandex.ru

Проводится оценка возможностей процесса формовки при получении тонкостенных осесимметричных деталей усеченной сужающейся формы. Анализируется напряженно-деформированное состояние конической заготовки в процессе формовки.

Толщина, тонкостенная деталь, инженерный метод, формовка, LS-DYNA

Improving the Molding Process to Obtain Thin-Walled Axisymmetric Parts of a Truncated Tapering Shape

E.G. DEM'YANENKO¹ AND A.A. LEVAGINA²

¹ Samara University, Samara

² SIBSIU, Novokuznetsk

An assessment is made of the molding process capabilities in obtaining thin-walled axisymmetric parts of a truncated tapering shape. The stress-strain state of a conical billet during the molding process is analyzed.

Thickness, thin-walled part, engineering method, molding, LS-DYNA

И.А. ПОПОВ,
д-р техн. наук,

Ю.Ф. ГОРТЫШОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),

И.А. ПОПОВ,
студент
(Казанский государственный
аграрный университет,
Казань)
popov-igor-alex@yandex.ru

Теплопроводность новых углеродных полимерных композитных материалов

Обобщены исследования коэффициентов теплопроводности новых углеродных полимерных композитных материалов. Установлены уровни коэффициентов теплопроводности и их зависимости от температуры в диапазоне температур $-20...80$ °С. Получены температурные зависимости для прогнозирования коэффициентов теплопроводности исследованных полимерных композитных материалов.

Теплопроводность, полимерные композиционные материалы, углепластик, измеритель стационарного теплового потока

Thermal Conductivity of New Carbon Polymer Composite Materials

I.A. POPOV¹, YU.F. GORTYSHOV¹, AND I.A. POPOV²

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Kazan State Agrarian University, Kazan

The paper makes an attempt to generalize the results of several studies on thermal conductivity of new carbon polymer composite materials. It has been found that thermal conductivity is temperature-dependent over the range from -20 to 80 °С. Temperature dependences have been obtained to predict thermal conductivity of materials under study.

Thermal conductivity, polymer composite material, carbon plastic, constant heat flow meter

Математическое моделирование вакуумирования сухого технологического пакета семипрегов. I

В.Л. ФЕДЯЕВ,
д-р техн. наук
(ИММ ФИЦ КазНЦ РАН,
Казань),

В.И. ХАЛИУЛИН,
д-р техн. наук,

И.Н. СИДОРОВ,
д-р физ.-мат. наук,

Ю.П. КАТАЕВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vlfed2020@gmail.com

Рассмотрена технология вакуумного формования полимерных композиционных материалов с использованием семипрегов. В результате анализа особенностей этой технологии в качестве основных выделены стадии вакуумирования сухого пакета семипрегов и пропитки. Применительно к стадии вакуумирования разработаны математические модели фильтрации паровоздушной смеси в плоском круглом в плане пакете при удалении смеси через центральную «дренажную» скважину либо его боковую поверхность. Получены соотношения для расчета динамики уменьшения массы паровоздушной смеси с течением времени вакуумирования в зависимости от конструктивных и технологических параметров – габаритных размеров, пористости материала пакета, давления вакуумирования, темпа отбора паровоздушной среды и др.

Полимерные композиционные материалы, вакуумное формование, фильтрация парогазовой среды в пакете семипрегов

Mathematical Modeling of Vacuuming of a Dry Technological Stack of Semipregs. I

V.L. FEDYAEV¹, V.I. KHALIULIN², I.N. SIDOROV², AND YU.P. KATAEV²

¹ IME – Subdivision of FIC KazanSC of RAS, Kazan

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The technology of vacuum molding of polymer composite materials using semipregs is considered. As a result of the analysis of the features of this technology, the stage of vacuumization of the dry stack of semipregs and impregnation were identified as the main ones. In relation to the vacuum stage, mathematical models have been developed for the filtration of a vapor-air mixture in a flat round stack when removing the mixture through a central “drainage” well or its side surface. Relationships were obtained for calculating the dynamics of reduction in the mass of the vapor-air mixture over the evacuation time, depending on the design and technological parameters, such as overall dimensions, porosity of the stack material, vacuum pressure, rate of extraction of the vapor-air medium, and others.

Polymer composite materials, vacuum molding, vapor-gas medium filtration in a stack of semipregs

**Исследование
излучаемых электромагнитных помех
от энергетических устройств самолета
на этапе его модернизации**

Предлагается методика и средства для исследования излучаемых помех от энергетических устройств самолета на этапе его модернизации. Создан стенд с макетом преобразователя дополнительной системы генерирования. Получены результаты измерения излучаемых помех. Предложена модель и проведен анализ реальных значений напряженности излучаемых помех. Получены результаты, указывающие на актуальность решения задач электромагнитной совместимости на этапе модернизации энергетических систем самолета.

З.М. ГИЗАТУЛЛИН,
д-р техн. наук,
М.П. ШЛЕЙМОВИЧ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
zmgizatullin@kai.ru

Самолет, модернизация, дополнительная система генерирования электроэнергии, преобразователь электроэнергии, излучаемые электромагнитные помехи, электромагнитная совместимость, методика, эксперимент, модель

**Research of the Radiated Electromagnetic Interference
from Power Devices of the Aircraft under Modernization**

Z.M. GIZATULLIN AND M.P. SHLEIMOVICH

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A technique and tools for research of radiated interference from power devices of the aircraft at the stage of modernization are proposed. A test bench with a physical model of the converter of the additional generation system was created. The results of the measurement of radiated interference were obtained. An analysis of the real values of the electric field strength of radiated interference was carried out on the basis of the mathematical model proposed. The results obtained indicate the relevance of solving the problems of electromagnetic compatibility at the stage of modernization of the aircraft energy systems.

Aircraft, modernization, additional power generation system, power converter, radiated electromagnetic interference, electromagnetic compatibility, technique, experiment, model

Алгоритм адаптивной прогностической маршрутизации с рассылкой копий сообщений в сети передачи данных пространственно-распределенной инфокоммуникационной системы мониторинга

А.В. ТИМОШЕНКО,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва),
Д.А. КЛЕЦКОВ,
канд. техн. наук,
Д.С. БИРЮКОВ
(ЯВВУ ПВО, Ярославль),
В.В. БОРОДИН,
канд. техн. наук,
В.И. ГОНЧАРЕНКО,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва)
vladimirgonch@mail.ru

Предложен оригинальный адаптивный прогностический алгоритм маршрутизации информационных потоков в сети передачи данных с подвижными структурными элементами, учитывающий частоты их появления в зоне радиовидимости при анализе связности сети, функционирующей в ограниченной по ресурсам (энергетическим, связным) пространственно-распределенной инфокоммуникационной системе мониторинга.

Прогностическая маршрутизация, сеть передачи данных, пространственно-распределенная инфокоммуникационная система мониторинга, беспилотный летательный аппарат, информационное направление связи, путь, абонентский терминал

The Predictive Adaptive Copy Forwarding Routing Algorithm in the Data Transmission Network of a Spatially Distributed Infocommunication Monitoring System

A.V. TIMOSHENKO¹, D.A. KLETSKOV², D.S. BIRYUKOV²,
V.V. BORODIN¹, AND V.I. GONCHARENKO¹

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

² Yaroslavl Highest Military College of Air Defense, Yaroslavl

An original adaptive predictive algorithm for routing information flows in a data transmission network with mobile structural elements is proposed, taking into account the frequencies of their occurrence in the radio visibility zone of each other when analyzing the connectivity of a network operating in a resource-limited (energy, connected) spatially distributed infocommunication monitoring system.

Predictive routing, data transmission network, spatially distributed infocommunication monitoring system, unmanned aerial vehicle, communication information direction, path, subscriber terminal

Использование методов слепого разделения сигналов в задачах повышения помехоустойчивости систем космической связи с квадратурной амплитудной модуляцией

Рассматриваются вопросы повышения помехоустойчивости систем космической связи с квадратурной амплитудной модуляцией. В качестве одного из возможных подходов рассматривается применение методов слепого разделения сигналов и помех в приемных трактах каналов космической связи. На примере использования метода анализа независимых компонент проводится оценка помехоустойчивости канала связи с квадратурной амплитудной модуляцией при работе в сложной помеховой обстановке, включающей импульсные шумоподобные помехи. В качестве основного показателя, характеризующего помехоустойчивость радиосистемы, рассматривается вероятность битовой ошибки. Для исследований используется метод имитационного моделирования. В рамках метода анализа независимых компонент проводится сравнение эффективности алгоритмов его реализации – SOBI, AMUSE и CubICA.

П.С. ТЯПКИН,
аспирант,

Н.А. ВАЖЕНИН,

д-р техн. наук,

А.П. ПЛОХИХ,

д-р техн. наук

(МАИ, Москва)

plokhih2001@mail.ru

Космическая связь, слепое разделение сигналов, электрический ракетный двигатель, повышение помехоустойчивости

Application of Blind Signal Separation Methods in the Problems on Improving the Interference Immunity of Space Communication Systems with Quadrature Amplitude Modulation

P.S. TYAPKIN, N.A. VAZHENIN, AND A.P. PLOKHICH

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The paper focuses on the issues of improving the interference immunity of space communication systems with quadrature amplitude modulation. As one of the possible approaches, the application of methods of blind separation of signals and interference in the receive paths of space communication channels is considered. Using the method of independent component analysis as an example, the interference immunity of communication channel with quadrature amplitude modulation is assessed during the operation in a complex interference environment including pulse noise-like interference. The bit error rate is considered as the main indicator characterizing the interference immunity of a radio system. The method of simulation modeling was used for the research. Within the independent component analysis method, the efficiencies of its implementation algorithms, such as SOBI, AMUSE and CubICA, are compared.

Space communication, blind signal separation, electric propulsion, interference immunity improvement

Расчетное моделирование процессов нагружения вертолета при приводнении в динамической постановке

Л.Г. ГОНЦОВА,

канд. техн. наук,

Д.В. НЕДЕЛЬКО,

д-р техн. наук

(ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского,

Жуковский),

А.Ф. САФИУЛЛИН,

канд. техн. наук

(АО «Казанский вертолетный

завод», Казань)

ndv7350@mail.ru

Рассмотрен опыт применения комплекса программ, реализующих метод конечных элементов, для определения перегрузок в процессе приводнения вертолета с установленной системой аварийного приводнения и без нее. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными с целью определения применимости метода конечных элементов при решении задач гидродинамического нагружения вертолета.

Приводнение вертолета, система аварийного приводнения, метод конечных элементов

Computational Modeling of Helicopter Loading Processes during Splashdown in Dynamic Statement

L.G. GONTSOVA¹, D.V. NEDEL'KO¹, AND A.F. SAFIULLIN²

¹Central Aerohydrodynamic Institute, Zhukovsky

²JSC "Kazan Helicopter Plant", Kazan

The experience of using a set of programs that implement the finite element method to determine overloads during the splashdown process of a helicopter with and without an installed emergency splashdown system, is considered. The calculation results are compared with experimental data in order to determine the applicability of the finite element method in solving problems of hydrodynamic loading of a helicopter.

Helicopter splashdown, emergency splashdown system, finite element method