УДК 629.7.013

Альтернативное топливо в транспортной авиации и оценка эффективности его применения

А.С. КРЕТОВ,
д-р техн. наук
(Нанкинский ун-т аэронавтики и астронавтики, Нанкин, Китай),
В.В. ГЛУХОВ
(КАЗ им. С.П. Горбунова, Казань)
kretov-ac@nuaa.edu.cn

На основе анализа чувствительности массы к начальному изменению параметров самолета проводится массоэкономическая оценка замены авиакеросина криогенным топливом с рассмотрением примера перевода самолета Ту-204 на сжиженный природный газ (проект Ту-206).

Чувствительность массы, массоэкономический анализ, криогенное топливо, пассажирские самолеты

Alternative Fuel in Transport Aviation and Estimation of Its Application Efficiency

A.S. KRETOV[1] AND V.V. GLUKHOV[2]

[1] Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China
[2] Gorbunov Kazan Aviation Plant, branch of PAO Tupolev, Kazan

A mass-economic assessment of the replacement of aviation kerosene with cryogenic fuel is carried out based on the analysis of the mass sensitivity to the initial change in the aircraft parameters and on an example of transferring the Tu-204 aircraft to liquefied natural gas (Tu-206 project).

Take-off mass sensitivity, mass-economic analysis, cryogenic fuel, passenger aircraft

УДК 629.786.2:629.784

Аналитические оценки динамики отделения створок обтекателей ракетно-космических систем

В.Н. БАКУЛИН,
канд. техн. наук
(ИПРИМ РАН, Москва),
С.В. БОРЗЫХ,
д-р техн. наук,
К.В. ТЕРЕШИНА,
аспирант
(ПАО РКК «Энергия»
им. С.П. Королева, Королев)
vbak@yandex.ru

Предложен подход к исследованию влияния пространственного движения створок как твердого целого и упругих относительных колебаний их конструкции на безопасность процесса отделения, под которой понимается гарантированное исключение их соударений как с ракетой-носителем, так и с полезным грузом. Получен ряд актуальных аналитических оценок для расчета пространственного относительного движения и уровня колебаний створок в процессе их отделения.

Процесс отделения, колебания, створки обтекателя, ракетно-космические системы

Analytical Estimates of the Fairings Flaps Separation Dynamics of the Rocket and Space Systems

V.N. BAKULIN[1], S.V. BORZYKH[2], AND K.V. TERESHINA[2]

[1] Institute of Applied Mechanics, Russian Academy of Sciences, Moscow
[2] S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energiya, Korolev

The paper proposes an approach to influence the study of the flaps spatial movement as a solid body and the elastic relative vibrations of their structure on the flaps separation process safety, which means the guaranteed exclusion of their collisions with both the launch vehicle and the payload. A number of relevant analytical estimates for calculating the spatial relative motion and the level of flaps vibrations during their separation process is obtained.

Separation process, vibrations, fairing flaps, rocket and space systems

УДК 629.7.023:539.3

Нелинейное деформирование и устойчивость композитного отсека фюзеляжа самолета при чистом изгибе

Л.П. ЖЕЛЕЗНОВ,
д-р техн. наук,
А.Н. СЕРЬЁЗНОВ,
д-р техн. наук
(ФГУП «СибНИА им. С.А. Чаплыгина», Новосибирск)
zheleznovlp@yandex.ru

Приведены результаты исследований, полученные на основе методики, реализующей метод конечных элементов для решения задач прочности и устойчивости дискретно-подкрепленных цилиндрических оболочек, выполненных из композиционного материала, с учетом моментности и нелинейности их докритического напряженно-деформированного состояния. Исследована устойчивость при чистом изгибе подкрепленного отсека фюзеляжа самолета, выполненного из композиционного материала. Выяснено влияние нелинейности деформирования, жесткости стрингерного набора, толщины оболочки на критические нагрузки потери устойчивости оболочки.

Цилиндрические композитные оболочки, дискретное подкрепление, нелинейное деформирование, устойчивость, метод конечных элементов

Nonlinear Deformation and Stability of the Aircraft Fuselage Composite Section under Pure Bending

L.P. ZHELEZNOV AND A.N. SER'EZNOV

Chaplygin Aeronautical Research Institute (SibNIA), Novosibirsk

The paper presents the research results obtained on the basis of a technique that implements the finite element method for solving the problems of strength and stability of discrete-reinforced cylindrical shells made of the composite material, taking into account the momentness and nonlinearity of their subcritical stress-strain state. The stability under pure bending of a reinforced aircraft fuselage section made of composite material was investigated. The effect of deformation nonlinearity, stiffness of stringer set, and shell thickness on critical loads of the shell stability loss is determined.

Cylindrical composite shells, discrete reinforcement, nonlinear deformation, stability, finite element method

УДК 534-16

Экспериментальный метод исследования взаимодействия звуковых волн с тонкостенной преградой

В.Н. ПАЙМУШИН,
д-р физ.-мат. наук,
Р.К. ГАЗИЗУЛЛИН,
канд. физ.-мат. наук,
В.А. ФИРСОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vafirsov_49@mail.ru

Обсуждаются средства борьбы с шумом и конструкции с использованием звукоизолирующих тонкостенных преград. Рассматриваются особенности прохождения звуковой волны через преграды, методы теоретических исследований звукоизолирующих свойств преград и способы их описания. Представлены результаты экспериментальных исследований изгибных колебаний тонкостенной преграды, и предложены инструментальные средства борьбы с резонансами.

Звукоизоляция, тонкостенная преграда, теоретические методы, резонансные режимы, экспериментальный метод, результаты исследований, инструментальные средства

Experimental Method to Study the Sound Wave Interaction with a Thin-Walled Obstacle

V.N. PAIMUSHIN, R.K. GAZIZULLIN, AND V.A. FIRSOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The means of the noise control and structures using soundproof thin-walled obstacles are discussed. The features of passage of sound waves through obstacles as well as theoretical research methods in the field of obstacle soundproof properties and their description are considered. The results of experimental studies of the thin-walled obstacle bending vibrations are presented and resonance control instruments are proposed.

Sound insulation, thin-walled obstacle, theoretical methods, resonance modes, experimental method, research results, instrumental means

УДК 629.735.33.05

Механико-математическая модель вдавливания жесткой шаровой частицы в индикаторное полимерное пьезоэлектролюминесцентное покрытие

В квазистатическом приближении разработана механико-математическая модель диагностирования низкоскоростного удара по типу вдавливания жесткой шаровой частицы в упругое индикаторное полимерное покрытие со встроенным в виде непрерывной плоской спирали оптоволоконным пьезоэлектролюминесцентным датчиком. Представлены результаты численного моделирования и обработки информативных световых импульсов на выходе из оптического волокна пьезоэлектролюминесцентного датчика.

А.А. ПАНЬКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(ПНИПУ, Пермь)
a_a_pankov@mail.ru

Индикаторное полимерное покрытие, встроенный оптоволоконный датчик, пьезолюминесценция, вдавливание шара, локация

Mechanic-Mathematical Model of Indenting the Rigid Ball Particle into the Indicator Polymer Piezoelectroluminescent Coating

A.A. PAN'KOV

Perm National Research Polytechnical University, Perm

A mechanic-mathematical model of an elastic indicator polymer coating was developed, in which a flat spiral optical fiber piezoelectroluminescent sensor is built in to diagnose a low-speed impact (by type of indentation in quasi-static approximation) of a rigid ball particle. Results of numerical simulation and digital processing of informative light pulses at output from optical fiber of piezoelectroluminescent sensor are presented.

Indicator polymer coating, built-in fiber optic sensor, piezoluminescence, ball indentation, location

УДК 621.45.01

Л.П. ШАБАЛИН,
канд. техн. наук,
В.И. ХАЛИУЛИН,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
А.Н. ШАНЫГИН
(ФГУП «ЦАГИ»
им. проф. Н.Е. Жуковского,
Жуковский),
В.В. САВИЦКИЙ,
аспирант
(АО «ИСС»
им. акад. М.Ф. Решетнева,
Железногорск),
И.В. МАРЕСКИН
(ФГУП «ЦАГИ»
им. проф. Н.Е. Жуковского,
Жуковский)
vi_khaliulin@kai.ru

Исследование силовых клеевых и клеемеханических соединений композитных трубчатых элементов

Рассмотрен теоретико-экспериментальный подход к определению несущей способности клеевых и клеемеханических соединений композитных трубчатых элементов. Методом конечных элементов проведены расчеты напряженно-деформированного состояния в зоне соединения деталей. Разработана технология и универсальная оснастка для изготовления экспериментальных образцов из углепластика. Представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований.

Клеевое соединение, клеемеханическое соединение, углепластик, сдвиг, несущая способность, радиальное плетение, технология формования, метод RTM

Study of Adhesively and Adhesive-Mechanically Bonded Joints in Load-Bearing Composite Tubes

L.P. SHABALIN[1], V.I. KHALIULIN[1], A.N. SHANYGIN[2], V.V. SAVITSKII[3], AND I.V. MARESKIN[2]

[1] Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan
[2] Zhukovsky Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI), Zhukovsky
[3] Reshetnev AO ISS, Zheleznogorsk

This paper describes a theoretical and experimental approach to determining the bearing capacity of adhesively and mechanically bonded joints in composite tubes. The authors used the finite element method to calculate stress-strain behavior in the joint area and developed technology and a mold to produce experimental carbon prototypes. Analytical and experimental results are presented in the paper.

Adhesive bonded joint, adhesive-mechanically bonded joint, carbon fiber reinforced plastic, shear, load-bearing capacity, radial braiding, molding, RTM

УДК 629.7.01

Оценка летных характеристик беспилотного самолета вертикального взлета и алгоритм вычисления требуемого угла крена для полета по заданной траектории

Т.Ю. ГАЙНУТДИНОВА,
канд. техн. наук
(КФУ, Казань),
А.В. ГАЙНУТДИНОВА,
М.В. ТРУСФУС,
аспирант,
В.Г. ГАЙНУТДИНОВ,
д-р техн. наук,
Т.А. ЗАМАЛЕЕВ
(КНИТУ-КАИ, Казань)
gainut@mail.ru

Предлагается алгоритм оценки располагаемой и требуемой мощности беспилотного самолета вертикального взлета на основе данных по скорости, полученных при разгоне самолета в горизонтальном полете с работающим на максимальном режиме двигателем. Рассматриваются схемы уточнения навигационных расчетов для управления дроссельной заслонкой подачи топлива, руля высоты и поперечного управления беспилотным самолетом при полете по заданному маршруту. Приводятся результаты численного моделирования.

Беспилотный аппарат вертикального взлета, летные характеристики, численное моделирование, алгоритмы управления

Estimation of Vertical Take-off Unmanned Aircraft Flight Characteristics and Algorithm of Required Roll Angle Calculating for Trajectory Tracking

T.YU. GAINUTDINOVA[1], A.V. GAINUTDINOVA[2], M.V. TRUSFUS[2], V.G. GAINUTDINOV[2], AND T.A. ZAMALEEV[2]

[1] Kazan (Volga region) Federal University, Kazan
[2] Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper proposes an algorithm for estimating the available and required power for the VTOL unmanned aircraft based on speed data obtained during acceleration of a plane in horizontal flight with the engine operating at maximum output power. We consider the scheme of refinement of navigation calculations for controlling the throttle of the fuel supply and elevator and lateral control of an unmanned aircraft during flight along a given route. The results of numerical simulation are presented.

Vertical take-off unmanned aerial vehicle, flight characteristics, numerical simulation, control algorithms

УДК 517.938

Параметрический синтез нестационарных систем управления с неопределенностями и ограничениями

В.И. ГАРКУШЕНКО,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vigark@yandex.ru

Рассматривается задача параметрического синтеза нестационарных систем управления с обобщенным секторным ограничением нелинейностей при наличии неопределенных внешних воздействий, ограничений на управление и фазовые координаты.

Нестационарные системы управления, параметрический синтез, фазовые ограничения, неопределенные возмущения

Parametric Synthesis of Non-Stationary Control Systems with Uncertainties and Constraints

V.I. GARKUSHENKO

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The problem of parametric synthesis of non-stationary control systems with a generalized sector constraint of nonlinearities in the presence of uncertain external influences, restrictions on control and phase coordinates is considered.

Non-stationary control systems, parametric synthesis, phase constraints, indeterminate perturbations

УДК 521.3

Бортовой итерационный алгоритм определения параметров кеплеровских орбит, основанный на решении уравнений орбитального движения в скоростной системе координат

Н.Е. ЗУБОВ,
д-р техн. наук
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Королёв),
В.Н. РЯБЧЕНКО,
д-р техн. наук
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва),
А.В. ЛАПИН,
канд. техн. наук
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Королёв)
nik.zubov@gmail.com

Предложен детерминированный итерационный алгоритм определения плоскостных параметров кеплеровской орбиты космического аппарата в скоростной системе координат. Приведены аналитические соотношения для построения итерационного алгоритма и числовой пример определения параметров кеплеровской орбиты космического аппарата.

Параметры кеплеровской орбиты, итерационный алгоритм, космический аппарат, скоростная система координат

Onboard Iterative Algorithm of Defining the Parameters of Keplerian Orbits Based on Solving the Orbital Motion Equations in Velocity Reference Frame

N.E. ZUBOV[1,2], V.N. RYABCHENKO[1], AND A.V. LAPIN[1,2]

[1] Bauman Moscow State Technical University, Moscow
[2] S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energiya, Korolev

We suggest a determined iterative algorithm of defining the planar parameters of a spacecraft Keplerian orbit in the velocity reference frame. Analytical relations for creating the iterative algorithm and the numeric example of defining parameters of a spacecraft Keplerian orbit are given.

Keplerian orbit parameters, iterative algorithm, spacecraft, velocity reference frame

УДК 004.94 +629.735.45

Исследование возможности создания динамически и упругоподобной лопасти модельного несущего винта вертолета

М.А. ЛЕДЯНКИН,
аспирант,
С.А. МИХАЙЛОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
maledyankin@gmail.com

Решается задача создания динамически подобной и упругоподобной лопасти модельного несущего винта вертолета. Рассмотрены вопросы масштабирования геометрических, упругих и массовых характеристик натурной лопасти. Показан способ последовательных приближений построения конструкции сечения до достижения требуемых упругомассовых характеристик лопасти. Проведена численная поверка полученного результата.

Динамическое подобие, упругоподобная модель, лопасть, модельный винт, вертолет

Studying the Possibility of Creating a Dynamically and Elastically Scaled Blade of a Helicopter Main Rotor Model

M.A. LEDYANKIN AND S.A. MIKHAILOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The present paper addresses the problem of creating a dynamically and elastically scaled blade of a helicopter main rotor model. The issues of scaling the geometric, elastic and mass characteristics of the full-scale blade are considered. An iterative procedure of constructing the section structure to attain the required elastic and mass characteristics of the blade is described. Numerical verification is conducted for the result obtained.

Dynamic similarity, elastically similar model, blade, model rotor, helicopter

УДК 629.735.33.05

О моделировании работы элементов щелевой механизации крыла в штопорном эксперименте при низких числах Рейнольдса

Г.Н. БОГОМАЗОВА,
М.А. ГОЛОВКИН,
д-р техн. наук,
А.А. ЕФРЕМОВ,
канд. техн. наук,
О.В. ПАВЛЕНКО,
канд. техн. наук
(ФГУП «ЦАГИ» им. проф. Н.Е. Жуковского, Жуковский)
spintest@tsagi.ru

Предложена методика моделирования течения в щели механизации крыла малоразмерной модели самолета по коэффициенту импульса вытекающей из нее струи за счет некоторого нарушения местного геометрического подобия – увеличения ее размера.

Малоразмерная модель самолета, большие углы атаки, штопор, теория подобия, малые числа Рейнольдса, коэффициент импульса струи

On Modeling the Operation of Slotted High-Lift Device Elements in a Spin Experiment at Low Reynolds Numbers

G.N. BOGOMAZOVA, M.A. GOLOVKIN, A.A. EFREMOV, AND O.V. PAVLENKO

Zhukovsky Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI), Zhukovsky

It was proposed to simulate the flow in the model slot by the momentum coefficient of the outflowing jet through some slight violation of local geometric similarity – an increase in its size.

Small-size aircraft model, high angles of attack, spin, similarity theory, low Reynolds numbers, jet momentum coefficient

УДК 532.529

П.В. БУЛАТ,
д-р физ.-мат. наук,
канд. экон. наук,
Н.В. ПРОДАН,
аспирант,
А.А. КУРНУХИН,
канд. физ.-мат. наук
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург;
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный
университет»,
Севастополь)
anton.kurnukhin@outlook.com

О влиянии ламинарно-турбулентного перехода при численном моделировании профиля крыла

Выполнено исследование применимости традиционных численных методов, основанных на осреднении уравнений Навье – Стокса и использовании моделей турбулентности, а также вихреразрешающих методов в условиях перехода ламинарного течения к турбулентному и образования отрывного пузыря на поверхности профиля крыла.

Модели турбулентности, ламинарно-турбулентный переход, отрывной пузырь, пограничный слой, профиль крыла, численное моделирование

On the Influence of the Laminar-Turbulent Transition in the Numerical Modeling of the Wing Airfoil

P.V. BULAT[1,2], N.V. PRODAN[1,2], AND A.A. KURNUKHIN[1,2]

[1] Baltic State Technical University “Voenmeh”, St. Petersburg
[2] Sevastopol State University, Sevastopol

The applicability of numerical methods based on the averaging the Navier–Stokes equations and the use of turbulence models, as well as eddy-resolving methods, under conditions of transition of a laminar flow to a turbulent one and formation of a separation bubble on the wing airfoil surface was studied.

Turbulence models, laminar-turbulent transition, separation bubble, boundary layer, wing airfoil, numerical simulation

УДК 532.529

К.Н. ВОЛКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(Кингстонский ун-т, Лондон, Великобритания),
В.Н. ЕМЕЛЬЯНОВ,
д-р техн. наук
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург),
А.Г. КАРПЕНКО,
канд. физ.-мат. наук,
С.С. ТОЛСТОГУЗОВ,
аспирант
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург; СПбГУ, Санкт-Петербург)
dsci@mail.ru

Влияние высокотемпературных эффектов на угол наклона скачка уплотнения при сверх- и гиперзвуковом обтекании острого конуса

Проводится численное моделирование сверх- и гиперзвукового обтекания острого конуса потоком невязкого газа с учетом высокотемпературных эффектов. Обсуждаются вопросы, связанные с численной реализацией вычислительной процедуры, предназначенной для нахождения стационарных решений уравнений газовой динамики, описывающих течения около конуса с учетом реальных свойств газового потока.

Аэродинамика, сверхзвуковое течение, ударная волна, реальный газ, коническое течение, конус

Impact of High-Temperature Effects on Shock Inclination Angle in Super- and Hypersonic Flow around Sharp Cone

K.N. VOLKOV[1], V.N. EMEL'YANOV[2], A.G. KARPENKO[2,3], AND S.S. TOLSTOGUZOV[2,3]

[1] Kingston University, London, United Kingdom
[2] Baltic State Technical University "Voenmeh", St. Petersburg
[3] St. Petersburg University, St. Petersburg

Numerical simulation of a super- and hypersonic flow of an inviscid gas around a sharp cone is performed taking into account high-temperature effects. The numerical implementation of a computational procedure designed to find stationary solutions of the gas dynamics equations describing flows around a cone with the real gas properties is carried out.

Aerodynamics, supersonic flow, shock wave, real gas, cone flow, cone

УДК 621.694.2+621.452

Влияние начального участка камеры смешения и геометрического параметра на выбор длины камеры смешения криволинейного эжектора

С.С. КАРТАС,
аспирант,
В.И. ПАНЧЕНКО,
канд. техн. наук,
С.И. ХАРЧУК,
канд. физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
kharchyk@mail.ru

Приводятся результаты численного расчета параметров жидкостно-жидкостного эжектора с криволинейным начальным участком камеры смешения. Обоснован выбор геометрических параметров эжектора для получения равномерного профиля параметров жидкости на выходе камеры смешения и увеличения относительного перепада давлений.

Эжектор, жидкость, цилиндрическая камера смешения, криволинейный участок, начальный участок, коэффициент эжекции

Influence of the Mixing Chamber Initial Section and Geometry on the Choice of Length of the Curved Ejector Mixing Chamber

S.S. KARTAS, V.I. PANCHENKO, AND S.I. KHARCHUK

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper presents the results of a numerical calculation of a liquid-liquid ejector with a curved initial section of the mixing chamber. The choice of geometric parameters of the ejector is substantiated to obtain a uniform profile of the liquid parameters at the outlet of the mixing chamber and to increase the relative pressure ratio.

Ejector, liquid, cylindrical mixing chamber, curved section, initial section, coefficient of ejection

УДК 621.45

Прецессия внутренней отрывной зоны как источник инициирования детонационного или квазидетонационного горения в пульсирующем эжекторном воздушно-реактивном двигателе

К.В. МИГАЛИН,
канд. техн. наук
(НПФ «Ротор», Тольятти),
И.П. БОЙЧУК,
канд. техн. наук
(ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, Новороссийск),
К.А. СИДЕНКО,
студент
(ТГУ, Тольятти)
migalink7@gmail.com

Исследовано условие возникновения детонационного/квазидетонационного горения в пульсирующем эжекторном воздушно-реактивном двигателе. Предложена трактовка механизма инициирования сферической детонации. Проведены измерения спектров звуковых пульсаций, сопровождающих процесс перехода к детонационному или квазидетонационному горению при изменении геометрии газохода.

Детонационный двигатель, сферическая детонация, прецессия вихревой отрывной зоны, прецессия вихрей, аэроакустические эксперименты, эжекторный двухконтурный пульсирующий воздушно-реактивный двигатель

Inner Separation Area Precession as a Source for Initiating the Detonation or Quasi-Detonation Combustion in an Ejector Pulsejet Engine

K.V. MIGALIN[1], I.P. BOICHUK[2], K.A. SIDENKO[3]

[1] OOO HPF Rotor, Tolyatti
[2] Admiral Ushakov State Maritime University, Novorossiisk
[3] Togliatti State University, Tolyatti

The study focuses on the condition for appearance of detonation/quasi-detonation combustion in the ejector pulsejet engine. An interpretation of the spherical detonation initiation mechanism is suggested. The spectra of acoustic pulsations accompanying the transition to detonation or quasi-detonation combustion during changes in the gas duct geometry were measured.

Detonation engine, spherical detonation, vortex separation area precession, vortex precession, aero-acoustic experiments, ejector bypass pulsejet engine

УДК 533.6

Аналитический расчет и оптимизация летно-технических характеристик сверхлегкого вертолета с поршневым двигателем

Ю.П. ОНУШКИН,
канд. техн. наук
(филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», Сызрань),
Д.А. СИЗОВ,
канд. техн. наук
(филиал ФГБОУ ВО СамГТУ, Сызрань),
А.В. ОСТРОВОЙ,
канд. техн. наук
(ООО «Аура», Жуковский),
А.А. НОСОВ
(КНИТУ-КАИ, Казань)
onushkin163@gmail.com

Предложен подход к определению летно-технических характеристик сверхлегкого вертолета на этапе проектирования, отличающийся учетом особенностей поршневых двигателей, а также потерь на бортовое оборудование. Приведены новые точные и приближенные аналитические зависимости для расчета основных летно-технических характеристик вертолета. Возможности предлагаемого подхода продемонстрированы на примере оптимизационного расчета сверхлегкого вертолета с целью обеспечения максимальной продолжительности полета.

Сверхлегкий вертолет, летно-технические характеристики, мощностной расчет, поршневой двигатель, оптимизация

Analytical Calculation and Optimization of Performance Characteristics of the Ultralight Helicopter with Piston Engine

YU.P. ONUSHKIN[1], D.A. SIZOV[2], A.V. OSTROVOI[3], AND A.A. NOSOV[4]

[1] Russian Air Force Military Educational and Scientific Center “Air Force Academy”, Syzran Branch, Syzran
[2] Samara State Technical University, Syzran Branch, Syzran
[3] OOO “Aura” , Zhukovsky
[4] Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

An approach for determining the performance characteristics of an ultralight helicopter in the concept design phase is proposed, taking into account the characteristics of piston engines as well as the power needed to operate the on-board equipment. Exact and approximate analytical expressions for calculating the basic performance characteristics of the helicopter are given. The effectiveness of the proposed approach is demonstrated by an example dealing with the optimization of an ultralight helicopter in order to obtain the maximum endurance.

Ultralight helicopter, performance, power calculation, piston engine, optimization

УДК 621.452.3:533.697.242

Исследование влияния разброса размеров компрессорных лопаток на газодинамические и прочностные характеристики

А.В. СЕМЕНОВ,
аспирант,
П.Г. КОЖЕМЯКО
(ЦИАМ, Москва)
avsemenov@ciam.ru

Приведены результаты трехмерного сканирования комплекта из ста пятидесяти статорных компрессорных лопаток. По полученным данным установлены закономерности и определены статистические законы разброса размеров по профилю пера. Для искусственно сгенерированных профилей проведен анализ прочностных и газодинамических характеристик.

Лопатка, 3D-сканирование, закон распределения, параметризация

The Influence of the Size Variation of Compressor Blades on Gas Dynamics and Strength Characteristics

A.V. SEMENOV AND P.G. KOZHEMYAKO

Baranov Central Institute of Aviation Motors (CIAM), Moscow

The size distribution of a set of one-stage stator blades was studied in this work based on the results of 3D scanning of 150 profiles. Based on the obtained data set, the distribution characteristics of the main profile dimensions were determined. An analysis of both strength characteristics and gas dynamics was performed for artificially generated blades.

Blade, 3D scanning, distribution law, parametrization

УДК 621.454

Исследование химически неравновесных течений продуктов сгорания нитроцеллюлозного топлива в соплах двигателей летательных аппаратов

В.Г. КРЮКОВ,
д-р техн. наук,
А.Л. АБДУЛЛИН,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
А.В. ДЕМИН,
д-р техн. наук
(КГЭУ, Казань)
alexei_demin@mail.ru

Предлагается модифицированная математическая модель химически неравновесных гетерогенных течений в соплах. Процедура сокращения механизма реакций включает метод DRGEP и метод зацепления с адаптивным порогом с использованием понятий «больших молекул» и агрегированного инертного вещества. Созданная процедура применялась при расчете течения продуктов сгорания нитроцеллюлозного топлива. Достигнуто существенное сокращение исходного механизма реакций при допустимой точности прогнозирования удельного импульса и состава рабочего тела.

Сопло сверхзвуковое, топливо нитроцеллюлозное, сокращение механизма реакций

Chemically Nonequilibrium Flows of Nitrocellulose Fuel Combustion Products in Aircraft Engine Nozzles

V.G. KRYUKOV[1], A.L. ABDULLIN[1], AND A.V. DEMIN[2]

[1] Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan
[2] Kazan State Power Engineering University, Kazan

A modified mathematical model of chemically nonequilibrium heterogeneous flows in nozzles is proposed. The reaction mechanism reduction procedure includes the DRGEP method and the adaptive threshold engagement method using the concepts of "large molecules" and aggregated inert substance. The proposed procedure was used to calculate the flow of the nitrocellulose fuel combustion products. A significant reduction in the initial reaction mechanism was achieved with an acceptable accuracy in predicting the specific impulse and the composition of the working fluid.

Supersonic nozzle, nitrocellulose fuel, reduction of reaction mechanism

УДК 536.24

Е.Ю. МАРЧУКОВ,
д-р техн. наук,
А.В. СТАРОДУМОВ
(ОКБ им. А. Люльки» – филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва),
А.В. ИЛЬИНКОВ,
канд. техн. наук,
А.В. ЩУКИН,
д-р техн. наук,
В.В. ТАКМОВЦЕВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
a.v.shchukin@rambler.ru

Эффективность тепловой завесы, создаваемой веерными отверстиями, для антиобледенительных систем летательных аппаратов и их двигателей

Экспериментально исследована сравнительная эффективность нагрева воздушной пленкой выпуклых и вогнутых участков поверхности использованием однорядных поясков с веерными и цилиндрическими отверстиями.

Физический эксперимент, пленочный воздушный нагрев, выпуклая и вогнутая поверхность, эффективность тепловой завесы, параметр вдува, угол вдува, цилиндрические и веерные отверстия

Efficiency of a Hot Air Curtain Provided by Fan-Shaped Holes for Anti-Icing Systems of Aircraft and Their Engines

E.YU. MARCHUKOV[1], A.V. STARODUMOV[1], A.V. IL'INKOV[2], A.V. SHCHUKIN[2], AND V.V. TAKMOVTSEV[2]

[1] Lyul'ka Design Bureau, Moscow
[2] Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper describes the experiments of study the comparative efficiency of air film heating of convex and concave surfaces using single-row belts with fan-shaped and cylindrical holes.

Physical experiment, air film heating, convex and concave surface, hot air curtain efficiency, blowing parameter, blowing angle, cylindrical and fan-shaped holes

УДК 681.5.015

Исследование влияния параметрической неопределенности на точность трансферной выставки бесплатформенной инерциальной навигационной системы

К.К. ВЕРЕМЕЕНКО,
канд. техн. наук,
М.В. ЖАРКОВ,
И.М. КУЗНЕЦОВ,
А.Н. ПРОНЬКИН
(МАИ, Москва)
nio3@mai.ru

Рассматривается несколько сценариев влияния параметрической неопределенности на точность оптимального оценивания компонент вектора состояния системы. Анализируется влияние данного фактора на точность и время сходимости оценок. Приводятся результаты имитационного моделирования на сложной траектории объекта.

Бесплатформенная инерциальная навигационная система, трансферная выставка бесплатформенной инерциальной навигационной системы, беспилотный летательный аппарат, оптимальная фильтрация, параметрическая неопределенность, имитационное моделирование

Investigation of Parametric Uncertainty Influence on Accuracy of Strapdown Inertial Navigation System Transfer Alignment

K.K. VEREMEENKO, M.V. ZHARKOV, I.M. KUZNETSOV, AND A.N. PRON'KIN

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The paper considers several scenarios of parametric uncertainty influence on accuracy of system state vector components optimal estimation. The main attention in the simulation is paid to the analysis of the influence of this factor on estimation accuracy and convergence time. A large amount of simulation results on a complex object trajectory is presented.

Strapdown inertial navigation system, strapdown inertial navigation system transfer alignment, unmanned aerial vehicle, optimal filtering, parametric uncertainty, simulation

УДК 629.7.054.44

Панорамный датчик аэродинамического угла и истинной воздушной скорости с неподвижным приемником и ультразвуковыми измерительными каналами

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

Приводится функциональная схема, раскрываются аналитические модели обработки и определения аэродинамического угла и истинной воздушной скорости панорамного датчика с неподвижным приемником набегающего потока и ультразвуковыми измерительными каналами. Раскрываются конкурентные преимущества и перспективность применения оригинального панорамного датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости с ультразвуковыми измерительными каналами на малоразмерных пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах.

Аэродинамический угол, истинная воздушная скорость, панорамный датчик, построение, аналитические модели, конкурентные преимущества, применение панорамного датчика

Panoramic Sensor of the Aerodynamic Angle and True Airspeed with the Fixed Receiver and Ultrasonic Instrumentation Channels

V.V. SOLDATKIN, V.M. SOLDATKIN, E.S. EFREMOVA, AND A.V. NIKITIN

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The functional diagram is given, analytical models of processing and determining of the aerodynamic angle and true airspeed of the panoramic sensor with the fixed receiver of incident flow and ultrasonic instrumentation channels are disclosed. The competitive advantages and prospects of using the original panoramic sensor of the aerodynamic angle and true airspeed with ultrasonic instrumentation channels on small-sized manned and unmanned aircraft vehicles are revealed.

Aerodynamic angle, true airspeed, panoramic sensor, building, analytical models, competitive advantages, application of the panoramic sensor

УДК 621.31

А.А. УХОВ,
д-р техн. наук
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,
Санкт-Петербург),
М.П. БУЛАТ,
канд. техн. наук,
И.А. ВОЛОБУЕВ
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург),
С.В. ШАПОВАЛОВ,
аспирант,
Р.В. ЛИ,
аспирант
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,
Санкт-Петербург)
volobuev_ig@mail.ru

Возможность применения стандартных катушек индуктивности в авиационных системах беспроводной передачи энергии

Рассмотрены проблемы подбора комплектующих для построения систем беспроводной передачи энергии. Приведены теоретические основы индукционного метода беспроводной передачи энергии. Разработана испытательная установка для исследования беспроводной передачи энергии. Проведено экспериментальное исследование возможности использования в устройствах беспроводной передачи энергии стандартных катушек индуктивности.

Беспроводная передача энергии, катушки индуктивности, системы сбора энергии, воздушное судно

Usage of Standard Inductors in Aircraft Wireless Power Transmission Systems

A.A. UKHOV[1], M.P. BULAT[2], I.A. VOLOBUEV[2], S.V. SHAPOVALOV[1], AND R.V. LEE[1]

[1] Saint Petersburg State Electrotechnical Univeristy “LETI”, St. Petersburg
[2] Baltic State Technical University “Voenmeh”, St. Petersburg

In this paper we discuss problems of selection of components for the construction of wireless power transmission systems and present theoretical foundations of the induction method of wireless energy transfer. A test bed for the study of wireless power transmission was developed. The possibility of standard inductance coils usage in wireless energy transmission devices was studied experimentally.

Wireless power transmission, inductors, energy harvesting systems, aircraft

УДК 538.911

Моделирование процесса лазерной наплавки во внешнем акустическом поле для определения влияния интенсивности ультразвука на морфологию валика

Б.А. ХАМИДУЛЛИН,
И.В. ЦИВИЛЬСКИЙ,
канд. техн. наук,
А.Х. ГИЛЬМУТДИНОВ,
д-р физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
khamidullinba@stud.kai.ru

Разработана математическая модель лазерной наплавки в трехмерном нестационарном приближении, позволяющая учитывать ультразвуковое воздействие на ванну расплава и наплавочный слой в процессе его затвердевания. Уравнения модели, решаемые методом конечных элементов (прочность) и конечных объемов (тепломассоперенос), позволяют рассчитать размеры наплавленного слоя, ванны расплава и зоны термического влияния при варьировании режимов. Распределение акустических волн на поверхности изделия верифицировано экспериментально методом фигур Хладни.

Лазерная наплавка, математическое моделирование, вычислительная газовая динамика, фазовые переходы, ультразвуковое воздействие

Modeling the Process of Laser Cladding in an External Acoustic Field to Determine the Effect of Ultrasound Intensity on the Morphology of the Cladding Layer

B.A. KHAMIDULLIN, I.V. TSIVIL'SKII, AND A.KH. GIL'MUTDINOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A mathematical model of laser cladding in a three-dimensional non-stationary approximation was developed, which makes it possible to consider the ultrasonic effect on the melt pool and the cladding layer during its solidification. The model equations are solved by the finite element method (strength) and finite volumes (heat and mass transfer) and allow you to calculate the dimensions of the deposited layer, melt pool, and heat affected zone with varying modes. The distribution of acoustic waves on the surface of the product was verified experimentally by the method of Chladni figures.

Laser cladding, mathematical modeling, computational gas dynamics, phase transitions, ultrasonic action

УДК 621.396

Влияние частотной модуляции, вызываемой отражением сигнала бортовой радиостанции от лопастей вертолета, на точность работы аэродромных автоматических радиопеленгаторов

Г.К. АСЛАНОВ,
д-р техн. наук,
Т.Г. АСЛАНОВ,
канд. техн. наук
(ДГТУ, Махачкала),
Р.Б. КАЗИБЕКОВ
(АО «Дагестанский НИИ “Волна”, Дербент),
Р.Р. МУСАИБОВ,
аспирант
(ДГТУ, Махачкала)
uits@dstu.ru

Проведен анализ влияния паразитной частной модуляции пеленгуемого сигнала на точность пеленгования аэродромных автоматических радиопеленгаторов. Установлено влияние на точность пеленгования паразитной частотной модуляции, вызываемой отражением сигнала бортовой радиостанции от лопастей вертолета. Предложены методы устранения ошибок, вызываемых паразитной частотной модуляцией.

Аэродромные автоматические радиопеленгаторы, отражение сигналов от лопастей вертолета, точность пеленгования

Influence of Frequency Modulation Caused by the Onboard Radio Signal Reflection from the Helicopter Blades on the Aerodrome Automatic Direction Finders Accuracy

G.K. ASLANOV[1], T.G. ASLANOV[1], R.B. KAZIBEKOV[2], AND R.R. MUSAIBOV[1]

[1] Dagestan State Technical University, Makhachkala
[2] Dagestan Research Institute “Volna”, Derbent

The influence of the incidental frequency modulation of direction-finding signal on the direction-finding accuracy of aerodrome automatic direction finders is analyzed. It is shown that the direction-finding accuracy is the most greatly influenced by the incidental frequency modulation caused by the reflection of the onboard radio station signal from the helicopter blades. Methods for eliminating errors caused by incidental frequency modulation are proposed.

Aerodrome automatic direction finders, reflection of signals from helicopter blades, direction-finding accuracy

УДК 621.391.82; 629.7.05; 530.17

Анализ помехоустойчивости бортовой системы управления беспилотных летательных аппаратов на основе физического моделирования наведенных помех

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

Рассмотрена вероятность сбоя в работе бортовой системы управления беспилотного летательного аппарата при воздействии наведенных помех разряда молнии в ближней зоне. Временная форма и параметры наведенных помех получены на основе физического моделирования. Разработана методика физического моделирования и стенд для физических экспериментов в уменьшенных масштабах. Приведен пример расчета вероятности сбоя в работе бортовой системы управления беспилотного летательного аппарата при воздействии наведенных помех.

Беспилотный летательный аппарат, бортовая система управления, наведенная помеха, разряд молнии, сбой, физическое моделирование

Analysis of Noise Immunity of the UAV Onboard Control System Based on Physical Modeling of Induced Interference

Z.M. GIZATULLIN AND M.P. SHLEIMOVICH

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The probability of a malfunction in the operation of the on-board control system of an unmanned aerial vehicle under the influence of induced interference from a lightning discharge in the near zone is considered. The temporal shape and parameters of the induced interference are obtained on the basis of physical modeling. A technique for physical modeling and a test bed for physical experiments on a reduced scale were developed. An example of calculating the probability of failure in the operation of the on-board control system of an unmanned aerial vehicle under the influence of induced interference is given.

Unmanned aerial vehicle, on-board control system, induced interference, lightning discharge, failure, physical modeling

УДК 621.396.67.01: 621.396.2

Экспериментальные оценки угловых координат и местоположения источников радиоизлучений в беспилотных авиационных комплексах мониторинга

В.А. ШЕВЦОВ,
д-р техн. наук,
В.В. КИРДЯШКИН,
канд. техн. наук
(МАИ, Москва),
А.В. ТИМОШЕНКО,
д-р техн. наук
(МИЭТ, Москва),
С.Н. РАЗИНЬКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж)
vs@mai.ru

Разработаны способы определения угловых координат и местоположения источников радиоизлучений по измерениям набегов фаз сигналов в панорамных фазометрических пеленгаторах, расположенных на беспилотных летательных аппаратах. Проведен анализ точности способов по результатам летного эксперимента.

Беспилотный авиационный комплекс мониторинга, панорамный фазометрический пеленгатор, триангуляционный метод определения местоположения источника радиоизлучения, поворотный пункт маршрута, дисперсии измерения угловых координат и местоопределения объекта

Experimental Estimates of Angular Coordinates and Location of Radio Emission Sources in Unmanned Aircraft Monitoring Systems

V.A. SHEVTSOV[1], V.V. KIRDYASHKIN[1], A.V. TIMOSHENKO[2], AND S.N. RAZIN'KOV[3]

[1] Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow
[2] National Research University of Electronic Technology (MIET), Moscow
[3] Russian Air Force Military Educational and Scientific Center "Air Force Academy", Voronezh

Methods were developed for determining angular coordinates and location of radio emission sources by measurements of signal phase incursions in panoramic phase meter direction finders located on unmanned aerial vehicles. The accuracy of the methods is analyzed based on the results of the flight experiment.

Unmanned aviation monitoring complex, panoramic phase meter direction finder, triangulation method for determining the location of a radio source, a turning point of the route, variance of measuring angular coordinates and location of the object

ТЕХНОЛОГИЯ АВИАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.7.044.2

Экспериментальное определение давления при магнитно-гидроимпульсном способе раздачи труб

Ю.П. КАТАЕВ,
д-р техн. наук,
П.И. КУВШИНОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
tmp-tpd@mail.ru

Рассматривается конструкция устройства для экспериментального определения давления, создаваемого в жидкости при ударе. Представлены экспериментальные зависимости усилий, передаваемых жидкостью, осуществляющей раздачу трубы, в зависимости от напряжения на конденсаторе.

Магнитно-гидроимпульсное устройство, хронометр-частотомер, импульс силы, количество движения, передающая усилие жидкость

Pressure Measurement during the Pipe Expansion Using the Magneto Hydro Impulse Method

YU.P. KATAEV AND P.I. KUVSHINOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

In this paper, the device for measuring the liquid pressure created by an impact is presented. The experimental results are presented that show the dependence of the force transferred by the liquid, which performs the pipe expansion, from the voltage on the capacitor.

Magneto hydro impulse device, chronometer-frequency meter, force impulse, momentum, force transmitting fluid

УДК 621.383

Система квантового распределения ключей с двойным ортогональным спектрально-поляризационным и частотным кодированием

И.М. ГАБДУЛХАКОВ,
аспирант,
О.Г. МОРОЗОВ,
д-р техн. наук,
А.А. КУЗНЕЦОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
А.В. БУРДИН,
д-р техн. наук
(АО «НПО ГОИ им. С.И. Вавилова», Санкт-Петербург; ПГУТИ, Самара),
М. ТИВАРИ
(Нац. технол. ин-т Малавии, Джайпур, Республика Индия)
OGMorozov@kai.ru

Предложена новая структура системы квантового распределения ключей с двойным ортогональным спектрально-поляризационным и частотным кодированием на базисе тандемной амплитудно-фазовой модуляции оптической несущей и линейно чирпированных волоконных брэгговских решеток с фазовым π-сдвигом, поддерживающих двулучепреломление.

Квантовое распределение ключей, частотное кодирование, ортогональное спектрально-поляризационное кодирование, тандемная амплитудно-фазовая модуляция, линейно чирпированная волоконная брэгговская решетка с фазовым π-сдвигом, технологии интегральной микроволновой фотоники, частотная гребенка

Quantum Key Distribution System with Double Orthogonal Spectral Polarization and Frequency Coding

I.M. GABDULKHAKOV[1], O.G. MOROZOV[1], A.A. KUZNETSOV[1], A.V. BURDIN[2,3], AND M. TIWARI[4]

[1] Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan
[2] Vavilov State Optical Institute, St. Petersburg
[3] Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara
[4] Malaviya National Institute of Technology, Jaipur, Republic of India

A new structure of a quantum key distribution system with double orthogonal spectral polarization and frequency coding based on the tandem amplitude-phase modulation of an optical carrier and linearly chirped fiber Bragg gratings with phase π-shift supporting birefringence is proposed.

Quantum key distribution, frequency coding, orthogonal spectral polarization coding, tandem amplitude-phase modulation, linear chirped fiber Bragg grating with phase π-shift, integrated microwave photonics technologies, frequency comb