

**Определение оптимальной
аэродинамической формы лопасти
самолетного винта на основе
параметрической оптимизации**

Описывается современный подход к поиску оптимальной формы лопасти воздушного самолетного винта с учетом геометрических и технологических ограничений, основанный на использовании методов параметрической оптимизации. Приводится пример использования разработанного подхода для получения оптимальной аэродинамической формы лопасти для различных режимов работы винта.

**А.И. БОРОВКОВ,
И.Б. ВОЙНОВ,
Д.Ф. ИБРАЕВ**

(СПбПУ, Санкт-Петербург)
voinov@compmechlab.com

Лопать, воздушный винт, параметрическая оптимизация, вычислительная аэродинамика, численное моделирование, тяга

**Determination of the Optimal Aerodynamic Shape
for a Propeller Blade Based on Parametric Optimization**

A.I. BOROVKOV, I.B. VOINOV, AND D.F. IBRAEV

Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

The paper describes an up-to-date approach to searching for an optimal blade shape for the airplane propeller while considering geometric and technological restrictions. This approach uses the advanced parametric optimization methods. The paper shows an application of the approach developed to obtain an optimal aerodynamic blade shape for different engine operation modes.

Blade, propeller, parametric optimization, computational fluid dynamics, numerical simulation, thrust

В.С. ШАПКИН,
д-р техн. наук
(НИИЦ «Ин-т
им. Н.Е. Жуковского»,
Москва),

А.В. ЛАПАЕВ,
д-р техн. наук
(ООО «ЗСЦ СОВТ»,
Новосибирск),

К.А. МАТВЕЕВ,
д-р техн. наук
(НГТУ, Новосибирск),

В.А. ГОРШКОВ,
д-р техн. наук,

А.А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ,
д-р техн. наук
(ГосНИИ ГА, Москва)
bogoyavlenskiy_aa@ncplg.ru

Расчетно-экспериментальная оценка сопротивления усталости обшивки фюзеляжа воздушного судна при коррозионном поражении

Исследуется усталостная прочность элементов авиационных конструкций из алюминиевых сплавов, поврежденных коррозией. Проведены усталостные испытания образцов, металлографические исследования. Обобщены результаты многолетних исследований о влиянии коррозионного поражения на усталостные характеристики алюминиевых сплавов, установлена экспериментальная зависимость между параметром коррозионного поражения и характеристикой материала.

Авиационные конструкции, воздушное судно, планер, коррозионные поражения, прочность, усталость, алюминиевый сплав, долговечность, моделирование коррозионного поражения

Analytical-Experimental Evaluation of the Fatigue Resistance for Aircraft Fuselage Skin in the Case of Corrosion Damage

V.S. SHAPKIN¹, A.V. LAPAEV², K.A. MATVEEV³, V.A. GORSHKOV⁴,
AND A.A. BOGOYAVLENSKIY⁴

¹ The National Research Center “Zhukovsky Institute”, Moscow

² LLC West Siberian Center for Certification of Air Transport Facilities, Novosibirsk

³ Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk

⁴ The State Research Institute of Civil Aviation, Moscow

The paper presents the results of research aimed at the fatigue evaluation of airframe elements made of aluminum alloys damaged by corrosion. Fatigue tests of the samples and metallographic studies were performed. The results of multi-year research on the effect of corrosion damage on the fatigue performance of aluminum alloys were summarized, and an observed dependence was established between the corrosion damage parameter and the material characteristics.

Airframe, aircraft, glider, corrosion damage, strength, fatigue, aluminum alloy, durability, corrosion damage simulation

Адаптивный алгоритм управления мягким вертикальным приземлением беспилотного возвращаемого космического аппарата. II

В.А. АФАНАСЬЕВ,
канд. техн. наук
(филиал ЮУрНИУ, Миасс),

А.А. БАЛОЕВ,

д-р техн. наук,

Г.Л. ДЕГТЯРЕВ,

д-р техн. наук,

А.С. МЕЩАНОВ,

канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)

mas41@list.ru

Исследована теория вертикального падения в атмосфере в применении для беспилотного возвращаемого космического аппарата в различных случаях соотношений начальных и квазиустановившихся скоростей падения. Представлено моделирование процесса торможения, состоящего в численном интегрировании системы в первой части данной статьи. Динамика приземления имитирует действие беспилотного возвращаемого космического аппарата в полете.

Космический аппарат, скорость падения (начальная, квазиустановившаяся, конечная), плотность атмосферы, высота начальная и при квазиустановившейся скорости

Adaptive Algorithm for Controlling the Soft Vertical Landing of an Unmanned Return Spacecraft. II

V.A. AFANAS'EV¹, A.A. BALOEV², G.L. DEGTYAREV²,
AND A.S. MESHCHANOV²

¹ Miass branch of South Ural State University, Miass

² Tupolev Kazan State Technical University, Kazan

The theory of vertical fall in the atmosphere was investigated as applied to an unmanned return spacecraft for various cases of ratio of the initial and quasi-steady-state velocities of fall. The modeling of the braking process, which is the numerical integration of the system from the first part of this paper, is presented. The landing dynamics simulates the action of an unmanned return spacecraft in flight.

Spacecraft, velocity of fall (initial, quasi-steady-state, final), atmospheric density, initial and quasi-steady-speed altitude

Построение алгоритма оптимального управления беспилотным планирующим летательным аппаратом на основе метода Галеркина

В.Т. ГРУМОНДЗ,
д-р физ.-мат. наук
(МАИ, Москва),
Е.И. КАРПЕЖНИКОВ
(АО «ГНПП «Регион»,
Москва)
V.Grumondz@gmail.com

Рассматривается решение задачи максимизации дальности полета беспилотного планирующего летательного аппарата с учетом особенности аппаратов рассматриваемого типа – отсутствия силовой установки. Приведен алгоритм оптимального управления, построенный с помощью прямого метода оптимизации, основанного на использовании метода Галеркина.

Беспилотный планирующий летательный аппарат, максимизация дальности полета, метод Галеркина

Creation of an Algorithm of Optimal Control of the Unmanned Gliding Aircraft Based on the Galerkin Method

V.T. GRUMONDZ¹ AND E.I. KARPEZHNIKOV²

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

² GNPP Region, Moscow

The problem of maximum flight range for the gliding unmanned aircraft is investigated taking into account the key characteristic of this type of aircraft, namely, the absence of the propulsion. An algorithm of optimal control is created through the direct method of optimization that is based on the Galerkin method.

Unmanned gliding aircraft, flight range maximization, Galerkin method

Разработка средств подавления негативных явлений при попадании самолета в интенсивную атмосферную турбулентность на этапе захода на посадку

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

Оценивается эффективность использования средств отображения прогнозной информации, позволяющей парировать последствия попадания самолета в опасное метеорологическое явление – микровзрыв. Разработана математическая модель микровзрыва, взаимодействия летательного аппарата и микровзрыва. Проведены экспериментальные исследования на пилотажном стенде.

Посадка, микровзрыв, прогнозный дисплей, безопасность полета

Designing the Means of Suppressing the Negative Effects of the Aircraft Encountering Intensive Atmospheric Turbulence in the Landing Phase

A.V. EFREMOV, M.S. TYAGLIK, AND A.I. SHCHERBAKOV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The paper evaluates the effectiveness of using the predictive information display means allowing us to suppress the effects of a hazardous meteorological phenomenon known as a microburst. Mathematical models of a microburst and aircraft interaction with a microburst were developed. Experimental research using a flight simulator was carried out.

Landing, microburst, predictive display, flight safety

С.А. МАТВЕЕВ,
канд. техн. наук,
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург),
Н.А. ТЕСТОЕДОВ,
д-р техн. наук
(АО «ИСС»
им. акад. М.Ф. Решетнева,
Железногорск),
Н.С. СЛОБОДЗЯН,
В.О. ГОНЧАРОВ,
А.А. КИСЕЛЕВ,
Н.А. БАЛЕНКО
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
ja-nikita@mail.ru

Отказоустойчивая система управления электронасосным агрегатом космического назначения

Предложена система управления синхронным двигателем с постоянными магнитами, обеспечивающая отказоустойчивость за счет переключения между несколькими режимами скалярного управления. Реализована компьютерная имитационная модель. Проанализирована работа такой системы на примере электронасосного агрегата космического назначения.

Надежность, отказоустойчивость, привод, векторное и скалярное управление, система, космическая техника, синхронный двигатель

Fail-Safe Control System for an Electric Pump Unit of Space Application

S.A. MATVEEV¹, N.A. TESTOEDOV², N.S. SLOBODZIAN¹,
V.O. GONCHAROV¹, A.A. KISELEV¹, N.A. BALENKO¹

¹ Ustinov Baltic State Technical University “Voenmekh”, St. Petersburg

² JSC Academician M.F. Reshetnev Information Satellite Systems, Zheleznogorsk

A control system of permanent magnet synchronous motor ensuring its fail-safety at the expense of switchover between several scalar control modes is proposed. A computer simulation model is realized. The operation of such a system is analyzed in terms of the electric pump unit of space application.

Safety, fail-safety, drive, vector and scalar control, system, space engineering, synchronous motor

Экспериментальное исследование интеллектуальной системы управления подвижной посадочной платформой для малого беспилотного летательного аппарата

М.Ф. ГАСАНОВ,
канд. физ.-мат. наук
(ТГУ им. Г.Р. Державина,
Тамбов),

П.В. СКРИБЦОВ,
канд. техн. наук
(ООО «Павлин Техно», Дубна),

И.И. ПАСЕЧНИКОВ,
д-р техн. наук,

Д.В. РЫБАКОВ
(ТГУ им. Г.Р. Державина,
Тамбов)

pasechnikov_ivan@mail.ru

Разработана и реализована система управления подвижной посадочной платформой. Выполнены испытания в лабораторных условиях. Применен нейросетевой подход в системе управления, обеспечивший точность определения координат и быстрое действие при принятии решений по сопровождению малого беспилотного воздушного судна роботизированной платформой.

Компьютерное зрение, нейронная сеть, роботизированная платформа, система управления роботизированной платформой

Experimental Study of the Intelligent Control System of the Mobile Landing Platform for a Small Unmanned Aerial Vehicle

M.F. GASANOV¹, P.V. SKRIBTSOV², I.I. PASECHNIKOV¹, AND D.V. RYBAKOV¹

¹ Derzhavin Tambov State University, Tambov

² LLC "Pavlin Tekhno", Dubna

The paper describes the development and implementation of a mobile landing platform control system. Tests were undertaken in laboratory conditions. The neural network approach being applied in the control system provided an accuracy of finding coordinates and showed a high speed of response in taking decisions for accompanying small unmanned aerial vehicles by a robotized platform.

Computer vision, neural network, robotized platform, robotized platform control system

П.В. ДЕНИСЕНКО,
д-р филос. по прикладной
математике,

П.С. ЧЕРНЫШОВ,
аспирант
(Севастопольский
государственный университет,
Севастополь),

К.Н. ВОЛКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(Кингстонский ун-т,
Лондон, Великобритания),

Л.О. ВОКИН,
аспирант
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
pashachp8@gmail.com

Численное моделирование обтекания винтокольцевого движителя квадрокоптера и определение его тяговых характеристик на различных режимах полета

Проведено численное моделирование течения, индуцированного вращением лопастей винтокольцевого движителя квадрокоптера с использованием вихререзающего подхода, предполагающего решение полных уравнений Навье – Стокса. На основе результатов численного моделирования определены аэродинамические характеристики винтокольцевого движителя на различных режимах полета при условии обдува ометаемой винтом поверхности. При постановке задачи рассматривались различные углы отклонения плоскости вращения воздушного винта от вертикали, соответствующие различным режимам полета летательного аппарата мультикоптерного типа, а также характеристики набегающего на движитель невозмущенного потока воздушной среды.

Квадрокоптер, винтокольцевой движитель, численное моделирование, аэродинамика, сила тяги

Numerical Simulation of the Flow around the Ducted Fan of a Quadcopter and Determination of Its Thrust Characteristics in Various Flight Modes

P.V. DENISENKO¹, P.S. CHERNYSHOV¹, K.N. VOLKOV², AND L.O. VOKIN³

¹ Sevastopol State University, Sevastopol

² Kingston University, London, UK

³ Baltic State Technical University “Voenmekh”, St. Petersburg

A numerical simulation of the flow induced by rotation of the ducted fan blades of a quadcopter is carried out using the vortex-resolving approach that assumes solution of the full Navier–Stokes equations. Based on the numerical simulation results, the aerodynamic characteristics of the ducted fan are determined in various flight modes with asymmetric airflow over the surface swept by the propeller. In the problem formulation, various angles of the ducted fan rotation plane deviation from the vertical were considered for various flight modes of a multicopter type aircraft as well as characteristics of the non-perturbing incident air flow.

Quadcopter, impeller, ducted fan, numerical simulation, aerodynamics, thrust

Сравнительное исследование аэродинамических характеристик одиночного, соосного и двухрядного несущих винтов на режиме висения

П.В. МАКЕЕВ,
канд. техн. наук,
Ю.М. ИГНАТКИН,
канд. техн. наук,
В.И. ШАЙДАКОВ,
д-р техн. наук,
С.О. НИКИТИН,
аспирант
(МАИ, Москва)
makeevpv@mai.ru

На базе нелинейной лопастной вихревой модели рассчитаны аэродинамические характеристики трех шестилопастных несущих винтов. Проанализированы формы вихревого следа и эпюры индуктивных скоростей в струе за винтами. Получены зависимости относительного коэффициента полезного действия.

Соосный, двухрядный, одиночный несущие винты; висение; нелинейная вихревая модель; закрутка струи; коэффициент полезного действия

Comparative Study of a Conventional, Coaxial Counter-Rotating, and Co-Rotating Rotor Aerodynamics in Hover

P.V. MAKEEV, YU.M. IGNATKIN, V.I. SHAIKOV, AND S.O. NIKITIN

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The aerodynamic characteristics of three types of six-bladed main rotors are calculated on the basis of the nonlinear free vortex wake model. The vortex wake shapes and induced velocity fields in the rotors jet are analyzed. The figure of merit (FoM) diagrams are received.

Coaxial counter-rotating rotor, coaxial co-rotating rotor; conventional rotor; hover; free wake model; slipstream rotation; figure of merit

Исследование шума обтекания крыла беспилотного воздушного судна

П.А. МОШКОВ,
канд. техн. наук
(«Региональные самолеты»,
филиал ПАО «Корпорация
“Иркут”», Москва)
p_moshkov@ssj.irkut.com

На основании эксперимента показана роль шума обтекания крыла в общем уровне шума беспилотного воздушного судна с поршневым двигателем. Изучено влияние шума обтекания крыла на спектральные и пространственные характеристики звукового поля беспилотного воздушного судна. Представлены модели для расчета шума обтекания планера. Рассмотрены основные способы снижения шума обтекания крыла.

Шум планера, беспилотное воздушное судно, шум на местности, аэроакустика

Study of the Wing Noise of an Unmanned Aerial Vehicle

P.A. MOSHKOV

Regional Aircraft, branch of IRKUT Corporation, Moscow

Based on the experiment, the role of the wing noise in the overall noise level of an unmanned aerial vehicle with a piston engine is shown. The effect of the wing noise on the spectral and spatial characteristics of the UAV sound field is studied. The models for assessment of airframe noise are presented. The main ways to reduce the wing noise are considered.

Airframe noise, unmanned aerial vehicle, community noise, aeroacoustics

Исследование аэродинамических характеристик многоцелевого вертолета среднего класса с различными кормовыми частями

В.В. ПАХОВ,
Р.П. СТЕПАНОВ,

д-р техн. наук,

А.Н. КУСЮМОВ,

д-р техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань),

Б.С. КРИЦКИЙ,

д-р техн. наук,

Р.М. МИРГАЗОВ,

канд. техн. наук

(ФГУП «ЦАГИ», Жуковский)

rpstepanov@kai.ru

Приводятся результаты исследований аэродинамических характеристик модели фюзеляжа многоцелевого вертолета среднего класса. Представлены результаты исследований интегральных и распределенных аэродинамических характеристик модели, а также распределенных характеристик потока в окрестности фюзеляжа. Показано различие аэродинамических характеристик модели фюзеляжа с двумя разными геометриями кормовой части.

Аэродинамические характеристики, модель фюзеляжа вертолета, весовые испытания, PIV-система, распределение давления

Investigation of Aerodynamic Performance of a Multipurpose Medium Lift Helicopter with Different Rear Fuselage Geometries

V.V. PAKHOV¹, R.P. STEPANOV¹, A.N. KUSYUMOV¹,
B.S. KRITSKII², AND R.M. MIRGAZOV²

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Zhukovsky Central Aerohydrodynamic Institute (TsAGI), Zhukovsky

Results of studying the aerodynamic performance for a multipurpose medium lift helicopter model, are presented. Both integrated and distributed aerodynamic performance of the model is presented along with flow distribution characteristics in the vicinity of the fuselage. The influence of two different rear fuselage geometries on the aerodynamic performance of the fuselage is discussed.

Aerodynamic performance, helicopter fuselage model, balance measurements, PIV, pressure distribution

Исследование коэффициента аэродинамического сопротивления конического тонкостенного тела-мишени при малых числах Рейнольдса

А.В. СОЧНЕВ,
канд. техн. наук,
Ю.Б. АЛЕКСАНДРОВ,
канд. хим. наук,
Б.Р. ЗИГАНШИН,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
sochnev.aleksandr@inbox.ru

Представлены результаты численного моделирования при атмосферном давлении и движении воздуха в диапазоне числа Рейнольдса 40...1600, позволяющие оценивать аэродинамические потери при измерении импульса мишени методом баллистического маятника. Полученные значения сопоставлены с экспериментальными данными.

Импульсный оптический разряд, лазерный ракетный двигатель, коэффициент аэродинамического сопротивления

Study of the Aerodynamic Drag Coefficient of a Conical Thin-Walled Target Body at Low Reynolds Numbers

A.V. SOCHNEV, YU.B. ALEKSANDROV, AND B.R. ZIGANSHIN

Tupolev Kazan State Technical University, Kazan

The results of numerical simulation at atmospheric pressure and air motion in the range of 40–1600 Reynolds numbers are presented. It makes possible to estimate aerodynamic losses during measuring the target impulse by the ballistic pendulum method. Results of numerical simulation are compared with experimental data.

Pulsed optical discharge, laser rocket engine, drag coefficient

История и направления развития российского морского газотурбостроения

М.Н. БУРОВ,

канд. техн. наук,

А.В. ЛОГУНОВ,

д-р техн. наук,

Д.В. ДАНИЛОВ,

канд. техн. наук

(ПАО «ОДК-Сатурн»,

Рыбинск)

Maxim.burov@uec-saturn.ru

Рассмотрены основные исторически сложившиеся подходы к созданию морских газотурбинных двигателей и установок и перспективные направления их развития. Представлены результаты работ ПАО «ОДК-Сатурн» (Рыбинск) в области разработки конструкторской и технологической базы морского газотурбостроения в России. Рассмотрены основные проблемы конвертации авиационных газотурбинных двигателей для их применения в составе морских энергетических установок.

Морские газотурбинные установки, морской газотурбинный двигатель, коррозионно-стойкие жаропрочные сплавы

History of Russian Marine Gas Turbine Engineering and Tendencies of Development

M.N. BUROV, A.V. LOGUNOV, AND D.V. DANILOV

PAO UEC-Saturn, Rybinsk

The paper addresses the main long-standing approaches to the development of marine gas turbine engines and propulsion plants as well as prospective lines in their development. The paper presents the results of UEC-Saturn work in the field of designing and engineering facilities development for marine gas turbine manufacturing in Russia. The key issues of converting aircraft gas turbine engines for application as a part of marine propulsion plants have been addressed.

Marine gas turbine plants, marine gas turbine engine, heat and corrosion resistant alloys

**ХАОРАНЬ ЛИ,
ЦЗЯНЬ ХУ**
(Хунаньский институт
энергетического
машиностроения,
Чжучжюу, Китай),
Б.Г. МИНГАЗОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
**ВЭЙВЭЙ ЛИ,
ВЕН ЧЖЕН**
(Шэньянский аэрокосмический
ун-т, Шэньян, Китай)
bgmingazov@kai.ru

Исследование характеристик сжигания биогаза и образования загрязняющих веществ в камерах сгорания

Представлен метод исследования характеристик горения топлива, приведены экспериментальные результаты типовых характеристик сжигания биогаза. Исследованы основные факторы, влияющие на стабильность пламени и ламинарную скорость горения в потоке биогаза. Проведен анализ влияния температуры горения, давления и других параметров на образование загрязняющих веществ в камере сгорания.

Малоэмиссионное горение, характеристики горения, биогаз, камера сгорания, вредные вещества, длина Маркштейна

Study of Characteristics of Biogas Combustion and Formation of Pollutants in Combustion Chambers

HAORAN LI¹, JIAN HU¹, B.G. MINGAZOV², WEIWEI LI³, AND WEN ZHEN³

¹ AECC, Power Research Institute, Zhuzhou, China

² Tupolev Kazan State Technical University, Kazan

³ Shenyang Aerospace University, Shenyang, China

The paper presents the method of studying the fuel combustion and typical characteristics of biogas combustion process obtained in experiments. The main factors influencing the flame stability and the laminar combustion velocity in the biogas flow are investigated. The effect of combustion temperature, pressure, and other parameters on the formation of pollutants in the combustion chamber is analyzed.

Low emission combustion, combustion characteristics, biogas, combustion chamber, pollutants, Markstein length

Расчет параметров в камере сгорания с предварительной подготовкой топливовоздушной смеси

В.А. СЫЧЕНКОВ,

канд. техн. наук,

А.В. БАКЛАНОВ,

канд. техн. наук,

В.М. ЮСЕФ,

аспирант

(КНИТУ-КАИ, Казань)

andreybaklanov@bk.ru

Приводится методика расчета основных параметров по длине жаровой трубы в камере сгорания с предварительной подготовкой топливовоздушной смеси. Расчет в зоне горения проводится численным решением системы уравнений, в основу которой положено известное брутто-уравнение материального баланса для гомогенного реактора.

Камера сгорания, гомогенный реактор, предварительное смешение, конструкция, моделирование, горение

Calculation of Parameters for Combustor with the Air–Fuel Mixture Premixing

V.A. SYCHENKOV, A.V. BAKLANOV, AND W.M. YOUSEF

Tupolev Kazan State Technical University, Kazan

A technique is presented for calculating the main parameters along the flame tube length in the combustor with combustion of premixed air–fuel mixtures. The calculation in the combustion zone is carried out by numerical solution of the system of equations based on the well-known brutto reaction equation of material balance for a homogeneous reactor.

Combustor, homogeneous reactor, premixing, design, modeling, combustion

К.В. ТЮЛКОВ,
Е.А. СТРОКАЧ,
канд. техн. наук,
И.Н. БОРОВИК,
канд. техн. наук,
С.С. БЛЯХАРСКИЙ
(МАИ, Москва),
А. СТЕРНИН
(Мюнхенский техн. ун-т,
Мюнхен, Германия)
borovikin@mai.ru

Исследования влияния турбулентных чисел Шмидта на численное моделирование рабочих процессов в камерах сгорания тепловых двигателей

Проведено исследование влияния коэффициента диффузии в уравнении переноса массовых долей компонентов смеси. Применено решение осредненных по Фавру уравнений течения химически реагирующей смеси компонентов топлива и продуктов сгорания. Приведены результаты моделирования, согласующиеся с экспериментом.

Камера сгорания, турбулентное горение, кислород, метан, турбулентное число Шмидта, численное моделирование, пристеночная функция

Numerical Study of the Effect of Turbulent Schmidt Number on the Numerical Simulation of Processes in the Multi-Element $\text{GCH}_4\text{-GO}_2$ Combustor

K.V. TYUL'KOV¹, E.A. STROKACH¹, I.N. BOROVIK¹,
S.S. BLYAKHARSKII¹, AND A. STERNIN²

¹ Moscow Aviation Institute, Moscow

² Technical University of Munich, Munich, Germany

In this paper, the influence of the diffusion coefficient in the transport equation of the mass fractions is studied. The solution of the Favre-averaged equations of a chemically reacting mixture of fuel components and combustion products is applied. The simulation results show good agreement with the experiment.

Combustion chamber, turbulent combustion, oxygen, methane, turbulent Schmidt number, numerical simulation, wall function

Р.А. АКСЯНОВ,
аспирант,
Ю.С. КОХАНОВА,
магистрант,
Е.С. КУИМОВ,
магистрант,
Ю.Ф. ГОРТЫШОВ,
д-р техн. наук,
И.А. ПОПОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
raaksyanov@kai.ru

Рекомендации по повышению эффективности систем охлаждения радиоэлектронного оборудования

На основе имеющихся в литературе источников экспериментальных данных по кипению различных жидкостей на микроструктурных поверхностях, полученных методом деформирующего резания, предложены рекомендации по прогнозированию коэффициентов теплоотдачи и критических тепловых потоков.

Кипение, теплоотдача, критические тепловые потоки, микроструктурированные поверхности, системы охлаждения

Recommendations for Improving the Efficiency of Radio-Electronic Equipment Cooling Systems

R.A. AKSYANOV, YU.S. KOKHANOVA, E.S. KUIMOV,
YU.F. GORTYSHOV, AND I.A. POPOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

Recommendations are obtained for prediction of heat transfer coefficients and critical heat fluxes according to experimental data available in literature for boiling of different liquids on microstructured surfaces made by deformed cutting method.

Boiling, heat transfer, critical heat fluxes, microstructured surfaces, cooling systems

Алгоритм диагностики газотурбинного двигателя с использованием математической модели, полученной по экспериментальным данным

Рассматривается получение математических моделей газотурбинных двигателей по экспериментальным данным с восстановлением или уточнением характеристик их узлов и использование в дальнейшем таких моделей в параметрических методах диагностирования. Некорректно поставленные задачи, где количество уравнений не равно количеству неизвестных, предлагается решать посредством специально разработанного математического метода с использованием устойчивости оценок.

Х.С. АХМЕД,
аспирант,
Б.М. ОСИПОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
hersh_ise19@mail.ru

Газотурбинный двигатель, техническая диагностика, термодинамические параметры, адекватная математическая модель, алгоритм диагностики, методы идентификации

Algorithm for Gas Turbine Engine Diagnostics with the Use of Empirical Mathematical Model

H.S. AHMED AND B.M. OSIPOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The obtaining of gas turbine engine mathematical models from experimental data with identification or refinement of their unit characteristics and the use of such models in parametric diagnostics methods is considered. The solution of improperly posed problems, where the number of equations is not equal to the number of unknowns, is proposed to be solved by a mathematical method specially developed using the stability of estimates.

Gas turbine engine, technical diagnostics, thermodynamic parameters, adequate mathematical model, diagnostic algorithm, identification methods

Численное моделирование волновых процессов в поршневом двигателе с помощью нестационарных газодинамических функций

Ю.А. ГРИШИН,

д-р техн. наук,

В.С. СЕМЕНЧУКОВА,

аспирант

(МГТУ им. Н.Э. Баумана),

В.Н. БАКУЛИН,

канд. техн. наук

(ИПРИМ РАН, Москва)

vbak@yandex.ru

Для расчетов нестационарных газодинамических процессов при динамическом наддуве предложена новая версия численного метода распада произвольного разрыва (схема С.К. Годунова), обеспечивающая сквозной счет без выделения ударных разрывов. С помощью новой версии метода, базирующейся на использовании специально разработанной системы газодинамических функций нестационарного течения, выполнено численное моделирование динамического наддува двигателей.

Динамический наддув, поршневой двигатель, мощность, распад произвольного разрыва, газодинамические функции

Numerical Simulation of Wave Processes in a Piston Engine Using Nonstationary Gas–Dynamic Functions

YU.A. GRISHIN¹, V.S. SEMENCHUKOVA¹, AND V.N. BAKULIN²

¹ Bauman Moscow State Technical University, Moscow

² Institute of Applied Mechanics, Russian Academy of Sciences, Moscow

A modification of the arbitrary discontinuity breakup numerical scheme (S.K. Godunov's scheme) is proposed for evaluating unsteady gas-dynamic processes during pressure wave supercharging using a pass-through marching calculation without extraction of shock discontinuities. With the help of a new version of the scheme based on using the specifically developed system of gas-dynamic functions of unsteady flow, a numerical simulation of the pressure wave supercharging of piston engines has been carried out.

Pressure wave supercharging, piston engine, power, arbitrary discontinuity breakup, gas-dynamic functions

Влияние вдува продуктов разложения теплозащитного покрытия на коэффициент расхода утопленного сопла

Современными методами вычислительной гидродинамики в квазистационарной постановке проведена оценка влияния вдува продуктов абляции теплозащитного покрытия утопленного сопла радиусной формы на расходные характеристики двигателя. Определены границы изменения коэффициента расхода в зависимости от интенсивности вдува продуктов разложения и параметров торможения потока, относительно которых рассчитывается коэффициент расхода. Показано влияние температуры продуктов разложения на коэффициент расхода.

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

Ракетный двигатель на твердом топливе, утопленное сопло, вдув продуктов абляции, коэффициент расхода, вычислительная гидродинамика, моделирование

Effect of the Injection of Heat Shield Degradation Products on the Discharge Coefficient of the Submerged Nozzle

A.N. KIRILLOVA AND A.N. SABIRZYANOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

Advanced methods of computational fluid dynamics are used for quasi steady estimation of the effect caused by injection of ablation products of a heat shield protecting a submerged contoured nozzle on discharge characteristics of the engine. Limits of discharge coefficient variation are determined depending on the injection intensity of degradation products and flow stagnation parameters that are involved in calculation of discharge coefficient. The influence of the temperature of combustion products on discharge coefficient is demonstrated.

Solid propellant rocket engine, submerged nozzle, injection of ablation products, discharge coefficient, computational fluid dynamics, simulation

Влияние внутренних и внешних факторов на результаты измерений геометрических параметров объектов при использовании лазерных координатно-измерительных систем на базе трекеров

П.Л. ЛЮДОГОВСКИЙ,
канд. техн. наук,
В.Л. ФЕДЯЕВ,
д-р техн. наук,
М.А. КОМКОВА,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
l2962281@mail.ru

Рассматриваются лазерные координатно-измерительные системы. Анализируется совокупность внутренних и внешних факторов, влияющих на точность измерений геометрических параметров объекта. В ряде случаев приводятся соотношения для оценки погрешности измерений. Предлагается зависимость для определения суммарной погрешности.

Лазерные координатно-измерительные системы; трекеры; факторы, влияющие на точность измерений; погрешность измерений; определение погрешности измерения

Influence of Internal and External Factors on the Geometry Measurements by Using Laser Coordinate Measuring Systems Based on Trackers

P.L. LYUDOGOVSII, V.L. FEDYAEV, AND M.A. KOMKOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

Laser coordinate measuring systems are considered. A set of internal and external factors affecting the accuracy of measurements of the object geometric parameters is analyzed. In a number of cases, relations are given to estimate the measurement error. The dependence is proposed to determine the total error.

Laser coordinate measuring systems, trackers, factors affecting the accuracy of measurements, measurement error, determination of measurement error

Архитектура средств самотестирования памяти DDR-типа систем управления космическими аппаратами

С.В. ВОЛОБУЕВ,
канд. техн. наук,
К.В. ЕВСЕЕВ,
аспирант,
В.Г. РЯБЦЕВ,
д-р техн. наук
(ВолГАУ, Волгоград)
sergey-aspir14@yandex.ru

Разработана архитектура быстродействующих встроенных средств самотестирования микросхем и модулей памяти DDR SDRAM-типа. Встроенные средства позволяют выполнять самотестирование быстродействующих микросхем и модулей памяти на рабочей частоте, что повышает достоверность полученных результатов.

Алгоритмический генератор, встроенные средства самотестирования, микросхемы памяти DDR-типа

The Architecture of DDR Memory Device Self Test Tools for Spacecraft Control Systems

S.V. VOLOBUEV, K.V. EVSEEV, AND V.G. RYABTSEV

Volgograd State Agricultural University, Volgograd

In the paper, the high-speed architecture of built-in self test (BIST) for double data rate synchronous dynamic random access memory (DDR SDRAM) is proposed. The BIST proposed can make self testing at its operating frequency that improves the reliability of the results obtained.

Algorithmic generator, built-in self test tools, DDR memory microcircuit

**Радиоволновый метод диагностики
внутренних дефектов полимерных
композиционных материалов
на основе полуконфокального резонатора**

Г.В. ДМИТРИЕНКО,

д-р техн. наук,

Д.В. МУХИН,

канд. техн. наук,

Г.Л. РИВИН,

канд. техн. наук,

А.А. ФЕДОРОВ,

канд. техн. наук

(УлГТУ, Ульяновск)

dmitrienko.german@yandex.ru

Рассмотрены вопросы радиоволнового метода диагностики неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов с использованием полуконфокального резонатора в лабораторных условиях. Рассмотрена работа полуконфокального резонатора, проведены лабораторные измерения. Получены измеренные значения контрольных образцов, проведен анализ полученных результатов.

Диагностика, полимерные композиционные материалы, радиоволновый фазовый метод

**Radio Wave Method Based on Semi Confocal Resonator
for Internal Defect Diagnostics of Polymer Composite Materials**

G.V. DMITRIENKO, D.V. MUKHIN, G.L. RIVIN, AND A.A. FEDOROV

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

The problems of the radio wave method for non-destructive diagnostics of polymer composite materials using a semi-confocal resonator in laboratory conditions are considered. Its work was examined, laboratory measurements were carried out. The values were measured on the reference samples and the results were analyzed.

Diagnostics, polymer composite materials, radio wave phase method

Моделирование работы пироприемника фотоприемного устройства для прибора ориентации по Земле

С.А. СИНЮТИН,
канд. техн. наук,
А.В. ЯРЦЕВ
(ЮФУ, Таганрог),
А.Ю. КИСНЕР,
С.Н. ГАРАНЖА
(НПП КП «Квант»,
Ростов-на-Дону)
artem91light@mail.ru

Предложена модель, описывающая особенности преобразования мощности излучения в электрическое напряжение в фотоприемном устройстве. Проведено сравнение двух различных вариантов модели датчика излучения фотоприемника. Представлены частотные характеристики системы.

Пироприемник, имитационное моделирование, теория автоматического управления, излучение земной атмосферы

Simulation of a Pyroelectric Receiver of Photodetecting System for an Earth Orientation Device

S.A. SINYUTIN¹, A.V. YARTSEV¹, A.YU. KISNER², AND S.N. GARANZHA²

¹ Southern Federal University, Taganrog

² Research and Production Enterprise of Space Instrumentation “Kvant”, Rostov-on-Don

The model being suggested dwells on the process of radiation power being converted into electrical power in a photodetector. The paper includes a comparison between two different variations of the model of the photodetector radiation sensor as well as the frequency characteristics of the system.

Pyroelectric receiver, simulation, theory of automatic control, radiation of the Earth's atmosphere

**Исследование возможности
имитационного моделирования
аэродинамических характеристик
профиля крыла (лопасти)**

Представлены результаты имитационного моделирования аэродинамических характеристик профилей крыла или лопасти вертолета. Моделирование выполнено при помощи алгоритмов искусственных нейронных сетей. Имитируются зависимости коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления по углу атаки в зависимости от геометрии профиля.

А.М. ГИРФАНОВ,
д-р техн. наук,
О.А. ЛЕДЯНКИНА,
Е.В. РОМАНОВА
(КНИТУ-КАИ, Казань)
led_o@mail.ru

Аэродинамика, профиль, нейронные сети, коэффициент подъемной силы, коэффициент лобового сопротивления

**Investigation of Imitational Modeling Applicability
for Aerodynamic Coefficients of Airfoils (Blades)**

A.M. GIRFANOV, O.A. LEDYANKINA, AND E.V. ROMANOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

Results of the aerodynamic coefficients imitation of wing airfoils and helicopter blades are presented. The modeling is carried out using the artificial neural network algorithms. The dependencies of the lift coefficient and the drag coefficient on the angle of attack are imitated for various airfoil geometries.

Aerodynamics, airfoil, neural networks, lift coefficient, drag coefficient

**Математическая модель фюзеляжа
перспективного скоростного вертолета**

А.С. БАТРАКОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
asbatrakov@kai.ru

Предлагается аналитическое описание геометрии модели фюзеляжа перспективного скоростного вертолета, аэродинамические характеристики которой в дальнейшем будут получены с помощью численного и физического моделирования.

Вертолет, фюзеляж, геометрия

**Mathematical Model of the Fuselage of a Promising
High-Speed Helicopter**

A.S. BATRAKOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

This paper proposes an analytical description of the geometry of the fuselage model of a promising high-speed helicopter, aerodynamic characteristics of which will be obtained further using numerical and physical modeling.

Helicopter, fuselage, geometry