

С.А. МАТВЕЕВ,

канд. техн. наук

(БГТУ «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова),

Н.А. ТЕСТОЕДОВ,

д-р техн. наук

(АО «ИСС»

им. акад. М.Ф. Решетнева),

Д.В. ВАСИЛЬКОВ,

д-р техн. наук,

О.В. ШИРОБОКОВ,

М.И. НАДЕЖИН

(БГТУ «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова)

shirok.93@mail.ru

Методы диагностики технического состояния и прогнозирования ресурса электронасосных агрегатов космических аппаратов

Рассматриваются два метода диагностики технического состояния электронасосного агрегата на базе синхронного двигателя – экспертный анализ диагностических карт и метод с применением искусственного интеллекта, анализируются их достоинства и недостатки. Сделан вывод об оптимальности использования методов с применением искусственного интеллекта для диагностики и прогнозирования ресурса с точки зрения затрат временных и вычислительных ресурсов, точности результатов.

Диагностика, мониторинг, прогнозирование, электронасосный агрегат, диагностическая карта, искусственный интеллект

Methods for Diagnosing the Technical Condition of Spacecraft Electric Pump Units and Predicting Their Remaining Service Life

S.A. MATVEEV¹, N.A. TESTOEDOV², D.V. VASIL'KOV¹,
O.V. SHIROBOKOV¹, M.I. NADEZHIN¹

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

² Reshetnev AO ISS, Zheleznogorsk

Two methods for diagnosing the technical condition of the synchronous motor-based electric pump unit are discussed, namely, the expert analysis of the diagnostic charts and the method using the artificial intelligence, their advantages disadvantages are compared. The conclusion was reached that the methods using artificial intelligence are the most optimum approach in terms of time consumption, computing power cost and precision of results.

Diagnosics, monitoring, predicting, electric pump unit, diagnostic chart, artificial intelligence

Акустические характеристики авиационных поршневых двигателей

П.А. МОШКОВ,

канд. техн. наук

(АО «Гражданские самолеты

Сухого», Москва)

p_moshkov@scac.ru

Дан краткий обзор механизмов генерации шума поршневыми двигателями. Рассмотрены спектральные, энергетические и пространственные характеристики звукового поля двигателей, применяемых в авиации в составе силовых установок легких самолетов и беспилотных летательных аппаратов.

Шум двигателей, поршневые двигатели, винтомоторная силовая установка, легкий винтовой самолет, беспилотный летательный аппарат, шум на местности

Acoustic Characteristics of Aircraft Piston Engines

P.A. MOSHKOV

AO Grazhdanskie Samolety Sukhogo, Moscow

A brief overview of the noise generation mechanisms of piston engines is given. The spectral, energy, and spatial characteristics of the sound field are considered for engines used in aviation as a part of the power plants of light aircraft and unmanned aerial vehicles.

Engine noise, piston engines, engine-propeller power plant, light propeller aircraft, unmanned aerial vehicle, community noise

В.Д. ШАРОВ,
д-р техн. наук,
В.В. ВОРОБЬЕВ,
д-р техн. наук,
Н.И. НИКОЛАЙКИН,
д-р техн. наук,
В.Л. КУЗНЕЦОВ,
д-р техн. наук,
С.А. ТОЛСТЫХ,
аспирант
(МГТУ ГА, Москва)
vdsharov@mail.ru

Методика оценки безопасности и качества деятельности поставщика авиационных услуг с использованием метода главных компонент

Рассмотрены вопросы обработки результатов наблюдений и аудитов безопасности и качества на примере организации по техническому обслуживанию самолетов. Показано, что снижение размерности модели позволяет более рационально распределять ресурсы, выделяемые на обеспечение безопасности и качества.

Система управления безопасностью полетов, оценка риска, система менеджмента качества, метод главных компонент

Methodology for Estimating the Safety and Quality of the Aviation Service Provider Activities Using the Principal Component Analysis

V.D. SHAROV, V.V. VOROB'EV, N.I. NIKOLAIKIN,
V.L. KUZNETSOV, AND S.A. TOLSTYKH

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow

The paper considers the issues of processing the results of observations and audits of safety and quality by the example of an aircraft maintenance organization. It is shown that reducing the model dimension allows for more rational allocation of resources for safety and quality assurance.

Flight safety management system, risk assessment, quality management system, principal component analysis

Об опыте проектирования шасси легкого самолета на основе многодисциплинарного моделирования

А.А. МИХАЙЛОВ,
И.А. КЕРЕСТЕНЬ,
канд. техн. наук,
М.А. НИКИТИН,
И.Б. ВОЙНОВ,
Д.И. МОРОЗОВ

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

Представлен подход к разработке конструкции стойки шасси легкого самолета на основе численного моделирования. Рассматриваются задачи о выпуске и обжатии шасси, а также его прочности при посадке. Проведена топологическая оптимизация формы стойки шасси.

Стойка шасси, прочность, посадка самолета, цифровое проектирование, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, топологическая оптимизация

About the Landing Gear Design Experience for a Light Aircraft Based on Multidisciplinary Modeling

A.A. MIKHAILOV, I.A. KERESTEN', M.A. NIKITIN,
I.B. VOINOV, AND D.I. MOROZOV

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

In this paper, the numerical simulation approach for designing the landing gear strut for a light aircraft is presented. The problems of extension and compression of the landing gear, as well as its strength during landing, are considered. The application of the topological optimization method for determining the optimal landing gear strut shape is shown.

Landing gear strut, strength, landing, numerical engineering, stress-strain state, finite element method, topological optimization

Осредненные механические характеристики складчатого заполнителя в виде М-гофра

В.Н. ПАЙМУШИН,
д-р физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань;
КФУ, Казань),
С.А. ХОЛМОГОРОВ,
канд. физ.-мат. наук,
Г.Г. КАРИМОВА,
М.А. ШИШОВ
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vpajmushin@mail.ru

Разработан метод теоретического определения осредненных упругих и прочностных характеристик складчатого заполнителя в поперечном направлении. Построено приближенное решение задачи о деформировании осредненного заполнителя при кинематическом нагружении одного из несущих слоев. Получены конечные аналитические формулы для определения критических значений напряжений, формирующихся в заполнителе.

Многослойная конструкция, технологическая схема, складчатый заполнитель, упругие и прочностные характеристики, растяжение, сдвиг, сжатие

Averaged Mechanical Characteristics of M-Corrugation Shaped Folded Filler

V.N. PAIMUSHIN^{1,2}, S.A. KHOLMOGOROV¹, G.G. KARIMOVA¹, AND M.A. SHISHOV¹

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

A method is developed for theoretical determination of the averaged elastic and strength characteristics of a folded core in the transverse direction. An approximate solution of the problem of deformation of an averaged core under kinematic loading of one of the external layers is constructed. Final analytical formulas for determining the critical values of stresses formed in the core are obtained.

Multilayered structure, technological scheme, folded filler, elastic and strength characteristics, tension, shear, compression

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

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

Предлагается новый адаптивный алгоритм многошагового терминального управления мягким приземлением беспилотного возвращаемого космического аппарата, основанный на более точных аналитических решениях дифференциальных уравнений с идентификацией реальных параметров беспилотного возвращаемого космического аппарата и атмосферы.

Беспилотный возвращаемый космический аппарат, бортовая система управления, многошаговое терминальное управление, точность, маршевый ракетный двигатель, мягкое приземление

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

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

¹ South Ural State University (National Research University), Miass

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A new adaptive algorithm for multistep terminal control (MSTC) of a soft landing of an unmanned return spacecraft (URS) is proposed that is based on more accurate analytical solutions of differential equations with identification of real parameters of the URS and the atmosphere.

Unmanned return spacecraft, on-board control system, multistep terminal control, accuracy, sustainer rocket engine, soft landing

Моделирование динамики процесса раскрытия крупногабаритных трансформируемых космических конструкций

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

С.В. БОРЗЫХ,
д-р техн. наук
(ПАО РКК «Энергия»
им. С.П. Королева, Королев)
vbak@yandex.ru

Предложена динамическая модель процесса раскрытия крупногабаритных трансформируемых космических конструкций (на примере солнечных батарей), основанная на использовании уравнений Лагранжа 2-го рода. Возможности модели проиллюстрированы результатами расчетов основных интегральных параметров, характеризующих процесс раскрытия солнечных батарей.

Солнечные батареи, динамика процесса раскрытия солнечных батарей, уравнения движения

Modeling of the Deployment Process Dynamics for Large-Sized Transformable Space Structures

V.N. BAKULIN¹ AND S.V. BORZYKH²

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

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

A dynamic model of the deployment of the large-sized transformable space structures (by the example of solar panels) is proposed. The model is based on using the Lagrange equations of the second kind. The model capabilities are illustrated by calculation results of the main integral parameters characterizing the solar panel deployment process.

Solar panels, dynamics of the solar panel deployment process, equations of motion

Трансферная выставка бесплатформенной инерциальной навигационной системы: алгоритмические особенности и численный анализ характеристик

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

Рассматривается вариант трансферной выставки бесплатформенной инерциальной навигационной системы малого летательного аппарата по информации от навигационной системы носителя. Основным математическим аппаратом реализации предложенного метода выставки выбран оптимальный фильтр Калмана, показавший приемлемые точность и время сходимости в условиях поставленной задачи. Приводятся основные особенности алгоритма трансферной выставки и результаты имитационного моделирования его работы на сложной траектории.

Бесплатформенная инерциальная навигационная система, выставка, беспилотный летательный аппарат, оптимальная фильтрация, имитационное моделирование

Strapdown Inertial Navigation System Transfer Alignment: Algorithmic Features and Simulation Performance Analysis

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

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The way of small aircraft strapdown inertial navigation system transfer alignment based on information from the carrier navigation system is considered. Optimal Kalman filter was selected as the main mathematical technique for the proposed method implementation, which showed acceptable accuracy and convergence time in the set task conditions. The main features of SINS transfer alignment algorithm and the results of its operation at complex trajectory simulation are presented.

Strapdown inertial navigation system, SINS alignment, unmanned aerial vehicle, optimal filtering, simulation

Метод повышения помехоустойчивости систем автоматического управления

Рассмотрено косвенное измерение возмущения на основе выходных параметров объекта управления с использованием его математической модели и компенсация этого возмущения с целью повышения помехоустойчивости системы автоматического управления. Предложенный метод применен к системам управления угловым движением летательных аппаратов. Рассмотрены вопросы синтеза таких систем. Приведены результаты моделирования.

В.И. ПЕТУНИН,

д-р. техн. наук

Л.М. НЕУГОДНИКОВА,

канд. техн. наук

(УГАТУ, Уфа)

petunin_vi@mail.ru

Помехоустойчивость, система автоматического управления, летательный аппарат, компенсатор возмущений

Method of Improving the Noise Resistance of Automatic Control Systems

V.I. PETUNIN AND L.M. NEUGODNIKOVA

Ufa State Technical University, Ufa

The paper considers the indirect measurement of disturbance based on the output parameters of the control object using its mathematical model and the disturbance compensation in order to improve the automatic control system noise resistance. The method proposed is applied to aircraft attitude motion control systems. The issues of such systems synthesis are considered. Modeling results are given.

Noise resistance, automatic control system, aircraft, disturbance compensator

Вероятностная оценка точности приземления самолета

С.Л. СЕМАКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(МФТИ, Москва;
МАИ (Москва);
МАДИ (Москва)),
М.В. СЕМАКОВА
(МГТУГА, Москва)
slsemakov@yandex.ru

Рассматривается задача об оценке вероятности успешного приземления самолета. На основе ранее полученных математических результатов предложена схема нахождения оценки искомой вероятности и погрешности этой оценки. Приведены результаты численных расчетов.

Посадка самолета, случайный процесс, вероятность успешного приземления, атмосферная турбулентность

Pobabilistic Estimation of Aircraft Landing Accuracy

S.L. SEMAKOV^{1,2,3} AND M.V. SEMAKOVA⁴

¹ Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Moscow

² Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

³ Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow

⁴ Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow

We consider the problem about estimating the probability of an aircraft successful landing. Using the previously obtained mathematical results, we propose a scheme for estimating the desired probability and the error of this estimate. We present the results of calculations.

Aircraft landing, random process, probability of successful landing, atmospheric turbulence.

К оценке коэффициентов сил и момента тангажа, действующих на сверхбольших углах атаки и в штопоре на модель, натурный самолет и их элементы

М.А. ГОЛОВКИН,

д-р техн. наук,

А.А. ЕФРЕМОВ,

канд. техн. наук,

Б.С. КРИЦКИЙ,

д-р техн. наук,

О.В. ПАВЛЕНКО,

канд. техн. наук

(ФГУП «ЦАГИ», Жуковский),

В.Г. ЦИПЕНКО,

д-р техн. наук

(МГТУ ГА, Москва)

spintest@tsagi.ru

С целью уточнения результатов экспериментальных исследований со свободно штопорящими моделями в вертикальной аэродинамической трубе проведен анализ коэффициентов сил и момента тангажа, действующих на модель, натурный самолет и их элементы. Показано, что некоторые отличия в этих коэффициентах являются приемлемыми, что подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов исследования моделей и летных испытаний натурных самолетов.

Аэродинамические характеристики, большие углы атаки, штопор, теория подобия, число Рейнольдса

To the Estimation of Force Coefficients and a Pitching Moment Acting on the Model, Full-Scale Aircraft and Their Elements at Supercritical Angles of Attack and in a Spin

M.A. GOLOVKIN¹, A.A. EFREMOV¹, B.S. KRITSKII¹,
O.V. PAVLENKO¹, AND V.G. TSIPENKO²

¹ Zhukovsky Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI), Zhukovsky

² Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow

In order to clarify the results of experimental studies with free-spinning aircraft models in a vertical wind tunnel, the analysis of the force coefficients and a pitching moment acting on the model, full-scale aircraft and their elements was carried out. It is shown that some differences in these coefficients are acceptable, which is confirmed by a satisfactory convergence of the results of model studies and full-scale aircraft flight tests.

Aerodynamic characteristics, high angles of attack, spin, similarity theory, Reynolds number.

Численное трехмерное моделирование газодинамических процессов в ступени малоразмерной осевой турбины сверхмалой мощности

Рассмотрены проблемы создания и расчета виртуальных численных моделей в ступени осевой турбины сверхмалой мощности. Приведена методика построения расчетной области течения потока в осевой турбине и конечно-элементной сетки, накладываемой на эту область. Получены характеристики мощностного КПД и удельной мощности турбины в зависимости от степени понижения давления и параметра нагруженности. Проведена верификация результатов численного эксперимента с данными натурного эксперимента.

Д.С. КАЛАБУХОВ,

канд. техн. наук,

В.М. РАДЬКО,

канд. техн. наук

(Самарский ун-т, Самара)

dskalabuhov@gmail.com

Турбина сверхмалой мощности, моделирование, вычислительный эксперимент, коэффициент полезного действия, удельная мощность, верификация

Numerical Three-Dimensional Simulation of Gas Dynamic Processes in the Stage of a Small-Sized Ultra-Low Power Axial Turbine

D.S. KALABUKHOV AND V.M. RAD'KO

Samara University, Samara

The problems of creation and calculation of virtual numerical models in the stage of an ultra-low power axial turbine are considered. A method for constructing the calculation area of the flow in an axial turbine and a finite element grid superimposed on this area is given. The characteristics of the power efficiency and specific power of the turbine are obtained depending on the pressure ratio and the loading parameter. The results of the numerical experiment are verified with the data of the full scale experiment.

Ultra-low power turbine, simulation, computational experiment, efficiency, specific power, verification

Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик модели самолета с крылом коробчатой схемы

Е.А. КАРПОВИЧ,
аспирант,
Н.И. КОЧУРОВА,
А.В. КУЗНЕЦОВ
(МАИ, Москва)
natasg@outlook.com

Представлен анализ результатов исследования модели легкого самолета с крылом коробчатой схемы в аэродинамической трубе МАИ Т-1 и намечены направления дальнейших исследований.

Коробчатая схема крыла, экспериментальные аэродинамические характеристики, индуктивное сопротивление, аэродинамическая труба, продувочная модель

Experimental Study of Aerodynamic Characteristics of a Boxplane Wind-Tunnel Model

E.A. KARPOVICH, N.I. KOCHUROVA, AND A.V. KUZNETSOV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The paper presents the experimental data for a light boxplane obtained in MAI T-1 wind tunnel. Directions for future research are assigned.

Box wing, experimental aerodynamic characteristics, induced drag, wind tunnel, wind tunnel model

Экспериментальное и численное определение коэффициента смешения за различными лопаточными завихрителями камеры сгорания газотурбинного двигателя

Т.Д. НГУЕН,
аспирант,
Ю.Б. АЛЕКСАНДРОВ,
канд. хим. наук,
А.И. СУЛАИМАН,
аспирант,
Б.Г. МИНГАЗОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
alexwischen@rambler.ru

Исследуется закрученный поток за завихрителем камеры сгорания газотурбинного двигателя с различными углами установки лопаток. Экспериментально анализируется коэффициент смешения в потоке и сопоставляется с расчетными зависимостями, полученными численным методом с использованием различных моделей турбулентной вязкости.

Камера сгорания, газотурбинный двигатель, моделирование, закрутка потока, коэффициент смешения

Experimental and Numerical Determination of the Mixing Ratio for Various Vane Swirlers of the Combustion Chamber of a Gas Turbine Engine

T.D. NGUYEN, YU.B. ALEKSANDROV, A.I. SULAIMAN, AND B.G. MINGAZOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper investigates the swirling flow behind the GTE combustion chamber swirler with blades installed under different angles. The mixing ratio in the flow is experimentally analyzed and compared with the estimated values obtained by a numerical approach and using various models of turbulent viscosity.

Combustion chamber, gas turbine engine, simulation, flow swirl, mixing ratio

**Колебания давления и теплового потока,
индуцированные газодинамическим
взаимодействием высокоинерционной частицы
с ударным слоем**

А.В. СПОСОБИН,

канд. физ.-мат. наук,

Д.Л. РЕВИЗНИКОВ,

д-р физ.-мат. наук

(МАИ, Москва),

И.Э. ИВАНОВ,

канд. физ.-мат. наук

(МАИ, Москва; МГУ, Москва),

И.А. КРЮКОВ,

канд. физ.-мат. наук

(МАИ, Москва; ИПМех РАН,

Москва)

reviznikov@inbox.ru

Численно исследуются колебательные режимы течения и теплообмена, возникающие вследствие газодинамического взаимодействия высокоинерционной частицы с ударным слоем при сверхзвуковом обтекании тел. С использованием адаптивных сеток высокого разрешения и распараллеливания вычислений на графических процессорах получены детальные пространственно-временные картины течения.

Математическое моделирование, двухфазный поток, обтекание тел, дисперсная примесь, уравнения Навье – Стокса, тепловой поток

Pressure and Heat Flux Oscillations Induced by Gas-Dynamic Interaction between a High Inertia Particle and a Shock Layer

A.V. SPOSOBIN¹, D.L. REVIZNIKOV¹, I.E. IVANOV^{1,2}, AND I.A. KRYUKOV^{1,3}

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

² Moscow State University, Moscow

³ Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences (IPMekh RAN), Moscow

Oscillatory flow and heat transfer regimes arising from the gas-dynamic interaction between a high-inertia particle and a shock layer in a supersonic flow around bodies are under numerical research. Detailed space-time flow patterns were obtained using high-resolution adaptive grids and parallelization of computations using the graphic processing units.

Mathematical simulation, two-phase flow, flow around bodies, dispersed admixture, Navier–Stokes equations, heat flux

Развитие критериев оценки эрозионной стойкости деталей авиационных двигателей из композиционных материалов

А.Н. АРХИПОВ,
канд. техн. наук,
Ю.А. РАВИКОВИЧ,
д-р техн. наук,
Д.П. ХОЛОБЦЕВ,
А.С. ШАХОВ
(МАИ, Москва)

shakhov_alexander@mail.ru

Для оценки надежности деталей из полимерных композиционных материалов при попадании песка и пыли в компрессор во время взлета и посадки предложено периодическое измерение толщины детали во время стоянки самолета. Критерий основывается на проверке допустимого уровня статических напряжений и собственных частот при уменьшении толщины композитной части разделителя потока. Для определения критической толщины проведена серия расчетов собственных частот и форм колебаний, а также максимальных перемещений и статических напряжений разделителя потока.

Газотурбинный двигатель, эрозионная стойкость, разделитель потока, компрессор, метод конечных элементов, полимерные композиционные материалы

Development of Criteria for Estimating the Erosion Resistance of Aircraft Engine Parts from Composite Materials

A.N. ARKHIPOV, YU.A. RAVIKOVICH, D.P. KHOLOBTSEV, AND A.S. SHAKHOV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

To assess the reliability of parts made of polymer composite materials when sand and dust enter the compressor during take-off and landing, a periodic measurement of the part thickness during aircraft parking is proposed. The criterion is based on checking the permissible level of static stresses and natural frequencies when the thickness of the composite part of the flow separator is decreased. To determine the critical thickness, a series of calculations of natural frequencies and mode shapes as well as maximum static displacements and stresses of the flow separator was performed.

Gas turbine engine, erosion resistance, flow separator, compressor, finite element method, polymer composite materials

Экспериментальное исследование разрушения лепесткового газодинамического подшипника

М.П. БУЛАТ,
канд. техн. наук,
А.Б. НИКИТЕНКО,
С.И. СИГАЧЕВ,
канд. техн. наук
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
bulat_mh@mail.ru

Приведены результаты проведения экспериментального исследования разрушения лепесткового газодинамического подшипника для ротора газотурбинной энергетической установки. Проанализированы данные температуры, перемещения и вращающего момента в подшипнике в зависимости от нагрузки и в момент разрушения. Определена предельная несущая способность и диапазон стабильной работы.

Лепестковый газодинамический подшипник, вращающий момент, предельная несущая способность

Experimental Study of Destruction of a Foil Gas Dynamic Bearing

M.P. BULAT, A.B. NIKITENKO, AND S.I. SIGACHEV

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

The paper describes the results of the experimental study of destruction of the foil gas dynamic bearing for a rotor of the gas turbine power plant. An analysis of temperature field, displacement and torque in the bearing was performed depending on the load and at the moment of destruction. The ultimate bearing capacity and the range of stable operation were determined.

Foil gas dynamic bearing, torque, ultimate bearing capacity

Расчет основных проектных параметров и конструкция реактивного пенетратора для движения в лунном грунте

В.А. ЗАГОВОРЧЕВ,
канд. техн. наук,
П.Ф. ПРОНИНА,
В.В. РОДЧЕНКО,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва)
nio6@mai.ru

Рассмотрена возможная конструктивная схема лунного реактивного пенетратора, способного проникать в реголит и доставлять научную аппаратуру в заданную точку грунтового пространства. Приведены зависимости, связывающие основные проектные параметры и позволяющие оценить принципиальную возможность движения в грунте. Представлены три расчетных случая модели пенетратора с различными видами твердого топлива и дана рекомендация по его необходимому объему.

Пенетратор, Луна, реголит, проникание, ракетный двигатель на твердом топливе

Calculation of Basic Design Parameters and Structure of a Reactive Penetrator Intended for Movement in Lunar Soil

V.A. ZAGOVORCHEV, P.F. PRONINA, AND V.V. RODCHENKO

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

A possible design scheme of a lunar reactive penetrator is considered that is able to penetrate into regolith and deliver the scientific equipment to a specified point of the ground volume. The dependences connecting the main design parameters are given. They allow estimating the principal possibility of movement in the ground. Three options for calculating the penetrator model with different types of solid propellant are presented and recommendation for required propellant volume is given.

Penetrator, Moon, regolith, penetration, solid propellant rocket engine

**Распределение гидродинамических полей
при стационарной конвекции
со свободной границей**

И.В. АНИСИМОВА,

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

С.С. ВЛАСОВА

(АО «Казанское ОКБ «Союз»,
Казань),

Ю.Ф. ГОРТЫШОВ,

академик АН РТ,

д-р техн. наук

(КНИТУ-КАИ,

Казань)

sveta040790@yandex.ru

Рассмотрено стационарное течение несжимаемой жидкости в плоском слое, вызываемое неоднородным источником, который индуцирует нагрев или охлаждение нижней границы (четыре типа нагрева). Между типами нагрева выявлены закономерности в распределении гидродинамических полей скоростей, получены оценки параметров безразмерных чисел подобия для каждого типа нагрева, соответствующие противотечениям, застойным зонам.

Свободная конвекция, застойные зоны, противотечения, теплообмен по закону Ньютона – Рихмана, уравнения Навье – Стокса в приближении Обербека – Буссинеска

**The Distribution of Hydrodynamic Fields
in Stationary Convection with Free Boundary**

I.V. ANISIMOVA¹, S.S. VLASOVA², AND YU.F. GORTYSHOV¹

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² OAO Kazanskoe OKB Soyuz, Kazan

The paper considers a stationary flow of an incompressible fluid in a flat layer caused by an inhomogeneous source that induces heating or cooling of the lower boundary (there are four types of heating). Regularities in the distribution of hydrodynamic velocity fields between the types of heating are revealed, estimates of the parameters of dimensionless similarity numbers for each type of heating corresponding to counterflows and stagnant zones are obtained.

Free convection, stagnant zones, counterflows, heat transfer according to the Newton–Richman law, Navier–Stokes equations in the Oberbeck–Boussinesq approximation

Численное исследование влияния коэффициентов турбулентной диффузии и турбулентного числа Прандтля на результаты моделирования внутрикамерных процессов в тепловых двигателях

В.П. ЖУКОВ,
канд. техн. наук,
(Институт космических двигателей (Германский центр авиации и космонавтики), Хартдхаузен, Германия),
И.Н. БОРОВИК,
канд. техн. наук,
Е.А. СТРОКАЧ,
канд. техн. наук
(МАИ, Москва)
borovikin@mai.ru

Рассмотрены результаты численного исследования влияния параметров $k-\varepsilon$ -RNG-модели турбулентности на результаты моделирования рабочих процессов в камере сгорания теплового двигателя на газообразном кислороде и метане с учетом сопряженного теплообмена со стенкой. Показано существенное влияние выбора эмпирических коэффициентов в модели турбулентности на результат моделирования химически реагирующего течения. Приведены рекомендации по величине коэффициентов турбулентной диффузии и турбулентного числа Прандтля.

Камера сгорания, турбулентное горение, кислород, метан, турбулентное число Прандтля, сопряженный теплообмен, численное моделирование

Numerical Study of the Influence of Turbulent Diffusion Coefficients and Turbulent Prandtl Number on the Reactive Flow Simulation in a Combustor

V.P. ZHUKOV¹, I.N. BOROVIK², AND E.A. STROKACH²

¹ Institute of Space Propulsion, German Aerospace Center (DLR), Hardthausen, Germany

² Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The influence of the $k-\varepsilon$ -RNG model parameters is studied in terms of simulation of processes in the combustor with the gas oxygen and methane inside including the conjugate heat transfer with the wall. A sufficient influence of the empirical diffusion coefficients of turbulence model on the reactive flow simulation is observed. Recommendations for the choice of the turbulent diffusion coefficients and the turbulent Prandtl number are provided.

Combustion chamber, turbulent combustion, oxygen, methane, turbulent Prandtl number, conjugate heat transfer, numerical simulation

Ю.П. КУЗНЕЦОВ,

д-р техн. наук,

В.Л. ХИМИЧ,

д-р техн. наук,

С.Н. ХРУНКОВ,

канд. техн. наук,

А.Б. ЧУВАКОВ,

канд. техн. наук,

Р.А. ПОГОДИН

(НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

Нижний Новгород)

khrunkov@nntu.ru

Исследование характеристик радиальной реактивной турбины

Впервые получены теоретические зависимости окружного КПД, расхода газа, термодинамической степени реактивности, крутящего момента и мощности от частоты вращения турбины (окружной скорости). Получены результаты, которые могут быть использованы при проектировании турбинных приводов с сегнеровыми колесами.

Турбина Герона, радиальная реактивная турбина, сегнерово колесо, характеристики турбины, расход, крутящий момент, мощность, коэффициент полезного действия

Research of the Radial Jet Turbine Characteristics

**YU.P. KUZNETSOV, V.L. KHIMICH, S.N. KHRUNKOV,
A.B. CHUVAKOV, AND R.A. POGODIN**

R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod

The theoretical dependences of the circumferential efficiency, gas flow rate, thermodynamic degree of reactivity, torque and power on the turbine rotation frequency (circumferential speed) are obtained for the first time. The results obtained can be used in the design of the Segner wheel-based turbine drives.

Hero engine, radial jet turbine, Segner wheel, turbine characteristics, flow rate, torque, power, efficiency

**Функциональные метал-полимерные
композиционные материалы
с обратимым эффектом памяти формы
для авиационных и космических конструкций**

М.Ю. КОЛЛЕРОВ,
д-р техн. наук,
Е.А. ЛУКИНА,
канд. техн. наук,
Д.Е. ГУСЕВ,
д-р техн. наук,
Р.Е. ВИНОГРАДОВ
(МАИ, Москва)
kollerov@gmail.com

Проведены теоретические расчеты и экспериментальные исследования, позволяющие прогнозировать максимальную величину обратимой деформации композиционного материала на основе полимерной матрицы, армированной волокнами из никелида титана.

Композиционные материалы, авиационные конструкции, никелид титана, эффект памяти формы, актуаторы

**Functional Metal-Polymer Composite Materials
with Reversible Shape Memory Effect for Aeronautical
and Space Structures**

M.YU. KOLLEROV, E.A. LUKINA, D.E. GUSEV, AND R.E. VINOGRADOV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

Theoretical calculations and experimental studies were carried out making it possible to predict the maximum value of reversible deformation of a composite material based on a polymer matrix reinforced with titanium nickelide fibers.

Composite materials, aeronautical structures, titanium nickelide, shape memory effect, actuator

Повышение точности хонингования тонкостенных цилиндров

Выполнены исследования способа закрепления тонкостенного цилиндра при хонинговании эластичной манжетой и осевым растягивающим усилием посредством изучения неравномерности деформации от действия системы радиальных сил в среде конечно-элементного моделирования DEFORM-3D V6.1. Определены условия повышения точности хонингования отверстий тонкостенных цилиндров при использовании исследуемого способа закрепления.

В.А. ОГОРОДОВ,
канд. техн. наук
Н.К. КРИОНИ,
д-р техн. наук
(УГАТУ, Уфа)
ogorodov_v@list.ru

Хонингование, точность, тонкостенный цилиндр, способ закрепления, эластичная диафрагма, осевое растягивающее усилие, радиальные силы, неравномерность деформации

Increasing the Accuracy of Honing for Thin-Walled Cylinders

V.A. OGORODOV AND N.K. KRIONI

Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Through the study of uneven deformation under the action of radial forces in the finite element simulation environment DEFORM-3D V6.1, a method of fixing a thin-walled cylinder during honing with an elastic collar and axial tensile force was investigated. The conditions for increasing the accuracy of honing the holes of thin-walled cylinders were determined.

Honing, accuracy, thin-walled cylinder, fixing method, elastic diaphragm, axial tensile force, radial forces, uneven deformation

Методика расчета остаточных технологических деформаций и перемещений композитной оболочки одинарной кривизны, подкрепленной стрингерами

И.Н. СИДОРОВ,

д-р физ.-мат. наук,

А.М. ГИРФАНОВ,

д-р техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань),

В.Л. ФЕДЯЕВ,

д-р техн. наук

(ФИЦ КазНЦ РАН, Казань),

Л.П. ШАБАЛИН,

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань)

insidorov1955@mail.ru

Представлены математическая модель деформирования и методика расчета влияния на остаточные технологические деформации, тангенциальные перемещения и функцию прогиба композитной оболочки одинарной кривизны, подкрепленной стрингерами, физико-механических характеристик материала ее элементов, величины разности между температурами отверждения и эксплуатации, а также геометрии и температурных деформаций оснастки.

Композитная оболочка, остаточные технологические деформации и перемещения, физико-механические характеристики материала, коэффициент линейного термического расширения, усадка связующего

A Method for Calculating Residual Technological Strain and Deflection of a Single Curvature Composite Shell Reinforced by Stringers

I.N. SIDOROV¹, A.M. GIRFANOV¹, V.L. FEDYAEV², AND L.P. SHABALIN¹

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Institute of Mechanics and Engineering, Kazan Science Center, Russian Academy of Science, Kazan

A mathematical model of deformation and a method for calculating the influence of parameters on residual technological strain, tangential displacements, and the deflection function of a single curvature composite shell reinforced by stringers are presented. The parameters include the physical and mechanical characteristics of the material, difference between the curing and operating temperatures as well as the geometry and temperature strains of the tooling.

Composite shell, residual technological strain and deflection, physical and mechanical characteristics of the material, coefficient of linear thermal expansion, shrinkage

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

**Метод вторичных волн для диагностики дефектов
полимерных композиционных материалов
радиоволновым методом**

Рассматриваются вопросы использования комбинированного радиоволнового и теплового методов диагностики неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов в лабораторных и заводских условиях.

Полимерные композиционные материалы, диагностика, радиоволновый метод диагностики

**Secondary Wave Method for Polymer Composite
Defect Diagnostics by the Radio Wave Method**

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

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

The issues of using the combined radio wave and thermal methods for nondestructive testing of polymer composite materials in laboratory and factory conditions are considered.

Polymer composite materials, diagnostics, radio wave test method

Измерение деформаций лопасти модельного несущего винта вертолета на основе радиофотонного метода

М.А. ЛЕДЯНКИН,
аспирант,
С.А. МИХАЙЛОВ,
д-р техн. наук,
Д.В. НЕДЕЛЬКО,
д-р техн. наук,
Т.А. АГЛИУЛЛИН,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
max23_96@bk.ru

Представлена общая схема построения радиофотонной системы измерения деформации лопасти модельного несущего винта вертолета. Рассмотрены особенности данной системы и выполнено ее сравнение с известными аналогами иного принципа действия. Сформулировано предложение о возможности использования радиофотонной системы для измерения деформации лопасти натурного несущего винта вертолета.

Лопать, несущий винт, деформации, радиофотонный метод измерения деформаций, волоконные брэгговские структуры

Implementation of the Radiophotonic Method for Measuring Blade Deformations of a Helicopter Main Rotor Model

M.A. LEDYANKIN, S.A. MIKHAILOV, D.V. NEDEL'KO, AND T.A. AGLIULLIN

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A general method using a radiophotonic system for measuring blade deformations of a helicopter main rotor model is presented. Characteristics of this system are considered and a comparison is carried out to other similar approaches with different operating principles. A proposition is formulated describing the applicability of a radiophotonic system for measuring blade deformations of a full-scale helicopter main rotor.

Blade, main rotor, deformations, radiophotonic method for measuring deformations, fiber Bragg structures.

Моделирование движения летательного аппарата при вертикальной посадке в условиях бокового ветра

М.Ф. ГАСАНОВ,
канд. физ.-мат. наук,
И.И. ПАСЕЧНИКОВ,

д-р техн. наук,

А.В. КРАЮХИН
(ТГУ им. Г.Р. Державина,
Тамбов),

А.И. МЕЛЬНИКОВА
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург),
volobuev_ig@mail.ru

Рассмотрена задача повышения безопасности посадки малых беспилотных летательных аппаратов при неблагоприятных внешних условиях, в частности при боковом порывистом ветре. Представлена математическая модель посадки малого беспилотного летательного аппарата в присутствии аэродинамических потоков и со стабилизацией в плоскости XY.

Малый беспилотный летательный аппарат, автоматическая посадка, точная посадка, посадка при боковом ветре

Modeling the Motion of an Aircraft during Vertical Landing in Crosswind Conditions

M.F. GASANOV¹, I.I. PASECHNIKOV¹, A.V. KRAYUKHIN¹,
AND A.I. MEL'NIKOVA²

¹ Derzhavin Tambov State University, Tambov

² Ustinov Baltic State Technical University "Voenmekh", St. Petersburg

The paper considers the problem of increasing the safety of landing for small unmanned aerial vehicles under unfavorable external conditions, in particular, in the presence of gusty crosswind. A mathematical model describing the landing of a small unmanned aerial vehicle in the presence of aerodynamic flows and the stabilization in the XY plane is presented.

Small unmanned aerial vehicle, automatic landing, precision landing, crosswind landing

**Численное моделирование вертикальной посадки
беспилотного летательного аппарата
с винтокольцевыми движителями
вихреразрешающими методами**

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

П.С. ЧЕРНЫШОВ,

Л.О. ВОКИН,

Н.В. ПРОДАН

(БГТУ «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербург).

pashachp8@gmail.com

Рассмотрена задача работы беспилотного летательного аппарата с винтокольцевыми движителями в режиме зависания над плоской посадочной платформой. Проведены численные расчеты газодинамики с использованием традиционного подхода моделирования турбулентности на основе осредненных уравнений Навье – Стокса и вихреразрешающим методом крупных вихрей. Получены результаты, подтверждающие необходимость использования вихреразрешающих подходов.

Беспилотный летательный аппарат, винтокольцевой движитель, численное моделирование, вихреразрешающие подходы, метод крупных вихрей

**Numerical Simulation of the Vertical Landing
of Unmanned Aerial Vehicle with Ducted Fan Propulsors
by Vortex-Resolving Methods**

D.V. RYBAKOV¹, P.S. CHERNYSHOV², L.O. VOKIN², AND N.V. PRODAN²

¹ Derzhavin Tambov State University, Tambov

² Ustinov Baltic State Technical University “Voenmekh”, St. Petersburg

The paper analyzes the problem of the operation of an unmanned aerial vehicle with ducted fan propulsors in hovering mode over a flat landing platform. Numerical calculations of gas dynamics were carried out using the traditional approach to modeling turbulence based on averaged Navier–Stokes equations and the eddy-resolving method of large eddies. The results, which confirm a need to use eddy-resolving approaches, were obtained.

Unmanned aerial vehicle, ducted fan propulsor, numerical simulation, vortex-resolving approaches, large eddy simulation

Совершенствование технологий продольной гибки и правки профильных авиационных деталей

В.А. МАРКОВЦЕВ,

д-р техн. наук,

А.С. БАРАНОВ,

(АО «Ульяновский НИИТ»,

Ульяновск),

А.Г. ПОПОВ,

канд. техн. наук

(УлГТУ, Ульяновск),

Н.В. ЛЕВШОНКОВ,

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань)

anapopov2@yandex.ru

Предложена технология гибки-прокатки в роликах профильных авиационных деталей, реализованная на опытной правильно-гибочной установке в АО «Ульяновский НИИТ» (Ульяновск). Представлены экспериментальные результаты исследований продольной гибки заготовок авиационных деталей из гнутых профилей. Получены данные, показавшие возможность получения заготовок с радиусами кривизны менее 600 мм из высокопрочных алюминиевых сплавов с сохранением параметров поперечного сечения профилей.

Гнутые профили, продольная гибка со сжатием, гибочно-прокатный станок, относительная деформации, радиус кривизны

Improvement of Technologies for Longitudinal Bending and Straightening of Shaped Aircraft Parts

V.A. MARKOVITSEV¹, A.S. BARANOV¹, A.G. POPOV², AND N.V. LEVSHONKOV³

¹ AO Ulyanovsk NIAT, Ulyanovsk

² Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

³ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The technology of bending–rolling in rollers of shaped aircraft parts is proposed and implemented by the prototype straightening–bending installation in AO Ulyanovsk NIAT. Experimental results are presented for research of longitudinal bending of aircraft part blanks made of formed sections. The data obtained demonstrates the possibility of obtaining the workpieces with a radius of curvature less than 600 mm from high-strength aluminum alloys while preserving the profile cross-section parameters.

Formed sections, longitudinal bending with compression, bending and rolling machine, relative deformation, radius of curvature

Математическая модель лазерной наплавки титанового порошка в трехмерном и двумерном приближениях

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 трехмерная двухфазная численная модель процесса лазерной наплавки титанового порошка на титановую подложку. Проведено сравнение с разработанной ранее двумерной численной моделью.

Лазерная наплавка, математическое моделирование, вычислительная газовая динамика

Mathematical Model of Laser Cladding with Titanium Powder in Three-Dimensional and Two-Dimensional Approximations

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

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The purpose of this work was to create a three-dimensional two-phase numerical model of the laser cladding process with titanium powder on a titanium substrate. A comparison was made with a previously developed two-dimensional numerical model.

Laser cladding, mathematical modeling, computational gas dynamics