

**Оценка потребного напряжения  
и влияния джоулева нагрева  
на эффективность реализации  
термоэмиссионного охлаждения  
высокоскоростных летательных аппаратов**

**А.В. КОЛЫЧЕВ,**

канд. техн. наук,

**П.А. АРХИПОВ,**

студент,

**В.А. КЕРНОЖИЦКИЙ,**

канд. техн. наук,

**М.В. ЧЕРНЫШОВ,**

д-р техн. наук

(БГТУ «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербург)

vakern@mail.ru

*Проведен анализ эффективности реализации термоэмиссионного охлаждения термически нагруженных элементов сверхзвуковых летательных аппаратов с учетом проводимости плазмы воздуха и джоулева нагрева катода. Приведен пример применения предложенной методики: для случая высокоскоростного обтекания сферы определено качественное влияние скорости набегающего потока, в котором термоэлектронная эмиссия протекает в скомпенсированном и перекompенсированном режимах.*

**Термоэмиссионное охлаждение, скомпенсированный режим, тепловые нагрузки, работа выхода электронов**

**Estimation of the Required Voltage and the Effect  
of Joule Heating on the Implementation Efficiency  
of the Thermionic Cooling of Aircraft**

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

Baltic State Technical University “Voenmeh”, Saint Petersburg

*The efficiency of electron thermionic cooling implementation for thermally loaded elements of supersonic aircraft is analyzed taking into account the conductivity of air plasma and Joule heating of the cathode. An example of application of the proposed technique is given: for the case of high-speed flow around a sphere, the qualitative effect of the incident flow velocity is determined, in which the thermionic emission proceeds in the compensated and overcompensated modes.*

**Thermionic cooling, compensated mode, thermal loads, electron work function**

**Концептуальная оценка  
новых проектных решений вертолета  
на основе анализа чувствительности  
взлетной массы**

**ПИНКИ СЯ,  
А.С. КРЕТОВ,**  
д-р техн. наук  
(Нанкинский ун-т  
аэронавтики  
и астронавтики,  
Нанкин, Китай)  
kretov-ac@nuaa.edu.cn

*На основе анализа чувствительности взлетной массы оценивается влияние проектных изменений на базовую модель вертолета с целью получения проекта с новыми свойствами. На примере вертолета Ми-8П проводятся численные исследования, демонстрирующие применение данного подхода на начальных этапах проектирования.*

**Вертолеты, концептуальное проектирование, анализ чувствительности взлетной массы, проектные изменения базовой модели**

**Conceptual Assessment of New Helicopter Project Solutions  
Based on the Take-off Mass Sensitivity Analysis**

PINQI XIA AND A.S. KRETOV

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China

*The impact of design changes on the basic model of the helicopter is estimated based on the sensitivity analysis of the take-off mass in order to obtain a project with new properties. Numerical studies are carried out by the example of the Mi-8P helicopter demonstrating the application of this approach at the initial stages of design.*

**Helicopters, conceptual design, sensitivity analysis of take-off mass, project changes of the basic model**

**Свободные колебания  
цилиндрической оболочки**

**С.Д. АЛГАЗИН,**  
д-р физ.-мат. наук  
(Институт проблем механики  
им. А.Ю. Ишлинского РАН,  
Москва)  
algazinsd@mail.ru

*Рассматриваются свободные колебания цилиндрической оболочки конечной длины. Приведен численный алгоритм без насыщения, проведены конкретные расчеты, демонстрирующие его высокую эффективность.*

**Цилиндрическая оболочка, задачи на собственные значения, численный алгоритм без насыщения**

**Free Oscillations of a Cylindrical Shell**

S.D. ALGAZIN

Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of RAS, Moscow

*Free oscillations of the cylindrical shell of finite length are considered. The algorithm without saturation is given, specific calculations showing its high performance are presented.*

**Cylindrical shell, tasks on eigenvalues, numerical algorithm without saturation**

## Применение метода граничных элементов для решения плоских задач упругости

**А.Ф. ГАРИФЬЯНОВ,**  
**Р.Ш. ГИМАДИЕВ,**  
д-р техн. наук  
(КГЭУ, Казань)  
gimadiev@mail.ru

*На основе метода граничных интегральных уравнений – метода граничных элементов – исследуется деформирование крюка соединения крюк – валик и треугольного клина в линейной постановке.*

**Упругость, плоская задача, метод граничных элементов, крюк – валик, клин**

## Application of the Boundary Element Method to Solving the Plane Elastic Problems

A.F. GARIF'YANOV AND R.SH. GIMADIEV

Kazan State Power Engineering University, Kazan

*The deformation of the hook of the hook–roller connection and the triangular wedge is investigated in linear formulation based on the method of boundary integral equations–the boundary element method.*

**Elasticity, plane problem, boundary element method, hook–roller, wedge**

**Тепловой режим  
двухслойного теплозащитного покрытия  
баллистической капсулы  
при ее возвращении на Землю  
с параболической скоростью**

**В.С. ЗАРУБИН,**  
д-р техн. наук,  
**В.Н. ЗИМИН,**  
д-р техн. наук,  
**В.В. ЛЕОНОВ,**  
канд. техн. наук,  
**В.С. ЗАРУБИН,**  
аспирант

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)  
lv-05@mail.ru

*Представлено решение нелинейной нестационарной задачи теплопроводности в двухслойном теплозащитном покрытии на металлической полусферической оболочке при осесимметричном распределении плотности теплового потока по внешней поверхности покрытия.*

**Теплозащитное покрытие, анизотропия теплопроводности, пирографит, гиперзвуковое обтекание полусферического затупления**

**Thermal Mode of Two-Layer Heat-Protective Coating  
of a Ballistic Capsule When It Is Returning  
to the Earth with Parabolic Velocity**

V.S. ZARUBIN, V.N. ZIMIN, V.V. LEONOV, AND V.S. ZARUBIN

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

*Solution is presented of a nonlinear non-stationary problem of thermal conductivity in a two-layer heat-protective coating of a metal hemispherical shell when distribution of the heat flux density over the outer surface of the coating is axisymmetric.*

**Heat-protective coating, anisotropy of the thermal conductivity, pyrographite, hypersonic flow around hemispherical blunt**

**Е.И. НИКОЛАЕВ,**  
канд. техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань),

**С.Е. НИКОЛАЕВ**  
(АО «Уральский завод  
гражданской авиации»,  
Казань),

**А.З. ВОРОНКОВ**  
(Фирма «Камов», Люберцы)  
Led\_o@mail.ru

## Учет сосредоточенных грузов в уравнениях изгиба лопасти в двух плоскостях и кручения

*Получены матричные уравнения для численного расчета собственных совместных форм и частот колебаний лопасти с сосредоточенными грузами. Приведены результаты расчета собственных частот с сосредоточенными грузами, расположенными в комле и на конце лопасти.*

**Лопать несущего винта, сосредоточенный груз, собственные колебания, жесткость лопасти, частота колебаний**

## Accounting for Concentrated Weights in the Equations of Blade Bending in Two Planes and Torsion

E.I. NIKOLAEV<sup>1</sup>, S.E. NIKOLAEV<sup>2</sup>, AND A.Z. VORONKOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

<sup>2</sup> AO "Ural Works of Civil Aviation", Kazan

<sup>3</sup> Kamov, Lyubertsy

*Matrix equations for numerical calculation of natural combined modes and frequencies of vibration for a blade with concentrated weights are obtained. The results of the calculation of natural frequencies with concentrated weights located in the butt and at the end of the blade are presented.*

**Main rotor blade, concentrated weight, natural vibrations, blade stiffness, vibration frequency**

**В.Н. ПАЙМУШИН,**  
д-р физ.-мат. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань;  
КФУ, Казань),  
**В.А. ФИРСОВ,**  
д-р техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань),  
**В.М. ШИШКИН,**  
д-р техн. наук  
(ВятГУ, Киров),  
**Р.К. ГАЗИЗУЛЛИН,**  
канд. физ.-мат. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань;  
КФУ, Казань)  
gazizullin.rk@yandex.ru

## Распространение вибраций в тонкостенных каркасированных конструкциях

*В рамках проведенных экспериментальных исследований рассматривается обнаруженное явление прохождения вибраций в тонкостенных многопролетных конструкциях через жесткие опорные крепления независимо от их конструктивного исполнения.*

**Тонкостенная каркасированная конструкция, вибрация, тонкая полоса, участки опирания, экспериментальная установка, прохождение вибраций**

## Vibration Transmission in Thin-Wall Framed Structures

V.N. PAIMUSHIN<sup>1,2</sup>, V.A. FIRSOV<sup>1</sup>, V.M. SHISHKIN<sup>3</sup>, AND R.K. GAZIZULLIN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

<sup>2</sup> Kazan Federal University, Kazan

<sup>3</sup> Vyatka State University, Kirov

*In the framework of the experimental studies carried out, the detected phenomenon of vibration passage in thin-walled multi-span structures through rigid support fastenings is considered. These vibrations pass regardless of the rigid support fastening design.*

**Thin-walled framed structure, vibration, thin flat bar, support areas, experimental installation, vibration transmission**

**Н.С. АБРАМОВ**,  
канд. техн. наук,  
**Ю.Г. ЕМЕЛЬЯНОВА**,  
канд. техн. наук,  
**А.А. ТАЛАЛАЕВ**,  
канд. техн. наук,  
**В.П. ФРАЛЕНКО**,  
канд. техн. наук  
(ИПС им. А.К. Айламазяна  
РАН, Веськово),  
**М.В. ХАЧУМОВ**,  
канд. техн. наук  
(ИПС им. А.К. Айламазяна  
РАН, Веськово;  
ФИЦ ИУ РАН, Москва)  
alarmod@pereslavl.ru

## Архитектура мультимодального интерфейса для управления беспилотным летательным аппаратом

*Рассмотрен подход к построению комбинированного интеллектуального интерфейса системы управления беспилотного летательного аппарата типа «квадрокоптер», интегрирующего различные методы ввода, обработки и передачи информации. Предложена архитектура и система голосовых и жестовых команд мультимодального интерфейса системы управления квадрокоптером. Подготовлены обучающие выборки, осуществлена экспериментальная проверка алгоритмов распознавания с применением искусственных нейронных сетей глубокого обучения.*

**Мультимодальный интерфейс, архитектура, беспилотный летательный аппарат, команда, управление жестами, управление голосом, интеллектуальный решатель, искусственная нейронная сеть**

## Multi-Modal Interface Architecture for Unmanned Aerial Vehicle Control

N.S. ABRAMOV<sup>1</sup>, YU.G. EMEL'YANOVA<sup>1</sup>, A.A. TALALAEV<sup>1</sup>,  
V.P. FRALENKO<sup>1</sup>, AND M.V. KHACHUMOV<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Ves'kovo

<sup>2</sup> FRC CSC RAS, Moscow

*We considered an approach to the construction of a combined smart interface for the control system of a quadcopter-type unmanned aerial vehicle that integrates various methods of information input, processing, and transmission. In this work, the architecture and system of voice and gesture commands of the quadcopter control system multimodal interface are presented. Training samples were prepared and experimental verification of recognition algorithms using artificial neural networks of deep learning was carried out.*

**Multimodal interface, architecture, unmanned aerial vehicle, command, gesture control, voice control, intelligent solver, artificial neural network**



## Особенности формирования временных кластеров космических аппаратов наблюдения за источниками радиоизлучения на поверхности Земли

**Н.Ф. АВЕРКИЕВ,**

д-р техн. наук,

**В.В. САЛОВ,**

д-р техн. наук,

**А.Ю. ХАСАНОВ**

(ВКА им. А.Ф. Можайского,

Санкт-Петербург)

kh.www@yandex.ru

*Введено понятие орбитальной группировки космических аппаратов с нестабильной баллистической структурой. Рассмотрены особенности формирования временных кластеров космических аппаратов из состава такой орбитальной группировки. Оценивается результативность решения данной орбитальной группировкой космических аппаратов задачи определения местоположения источника радиоизлучения на поверхности Земли.*

**Источник радиоизлучения, космический аппарат, кластер космических аппаратов, нестабильная баллистическая структура**

## Features of the Formation of Temporary Clusters of Spacecraft Monitoring Radio Emission Sources on the Earth Surface

N.F. AVERKIEV, V.V. SALOV, AND A.YU. KHASANOV

Mozhaisky Military Space Academy, Saint Petersburg

*The concept of an orbital grouping of spacecraft with an unstable ballistic structure is introduced. The features of the formation of temporary clusters of spacecraft from the composition of such orbital grouping are considered. The effectiveness of solving the problem of determining the location of a radio emission source on the Earth surface by this orbital grouping is evaluated.*

**Radio emission source, spacecraft, spacecraft cluster, unstable ballistic structure**

**П.В. БУЛАТ,**  
д-р физ.-мат. наук,  
канд. экон. наук,  
**Н.В. ПРОДАН,**  
канд. физ.-мат. наук,  
**С.Ю. ДУДНИКОВ,**  
канд. физ.-мат. наук,  
**А.А. КУРНУХИН,**  
аспирант  
(ФГАОУ ВО  
«Севастопольский  
государственный  
университет»),  
Севастополь)  
anton.kurnuhin@yandex.ru

## Исследование характеристик аэродинамических профилей с отбором воздуха с верхней поверхности и заданным распределением давления

*Численно исследуется серия профилей с большой строительной высотой, использующих энергетические методы увеличения подъемной силы. Данные профили получены комбинацией решения обратной задачи аэродинамики и стохастических методов глобальной оптимизации. Учтены явления ламинарно-турбулентного перехода и образование на поверхности профиля отрывных пузырей.*

**Аэродинамический профиль, беспилотный летательный аппарат, низко-рейнольдсовые аэродинамические профили, обратная задача аэродинамики, стохастические методы оптимизации, численное моделирование, энергетические методы увеличения подъемной силы**

## Investigation of the Characteristics of Airfoils with Air Suction from the Upper Surface and a Given Pressure Distribution

P.V. BULAT, N.V. PRODAN, S.YU. DUDNIKOV, AND A.A. KURNUKHIN

Sevastopol State University, Sevastopol

*A series of airfoils with a large construction height is numerically investigated using the energy methods for increasing the lift force. These airfoils are obtained by a combination of solving the inverse problem of aerodynamics and stochastic methods of global optimization. The phenomena of the laminar-turbulent transition and the formation of separation bubbles on the airfoil surface are taken into account.*

**Airfoil, unmanned aerial vehicle, low-Reynolds airfoils, inverse problem of aerodynamics, stochastic optimization methods, numerical simulation, energy methods for increasing lift**

**К.С. ВАСИЛЬЧЕНКО,**

аспирант,

**С.В. РЕЗНИК**

д-р техн. наук,

**Н.Л. АУНГ**

аспирант

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мос-

сква),

**А.Р. ГАРЕЕВ,**

канд. техн. наук

(АО «НИИГрафит», Москва)

kkvvaass@yandex.ru

## **Выбор оптимального профиля лопасти несущего винта малогабаритного беспилотного вертолета**

*Рассмотрены зависимости определяющих коэффициентов работы лопасти от различных условий окружающей среды. Определен наилучший аэродинамический профиль лопасти с высоким КПД в широком диапазоне условий эксплуатации.*

**Лопать, профиль, оптимизация, беспилотный летательный аппарат**

## **Selection of the Optimal Airfoil for the Small-Sized Unmanned Helicopter Main Rotor Blade**

K.S. VASIL'CHENKO<sup>1</sup>, S.V. REZNIK<sup>1</sup>, N.L. AUNG<sup>1</sup>,  
AND A.R. GAREEV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow

<sup>2</sup> AO "NIIGrafit", Moscow

*The dependences of the defining coefficients of the blade operation on various environmental conditions are considered. The best airfoil of the blade with high efficiency in a wide range of operating conditions is determined.*

**Blade, airfoil, optimization, unmanned aerial vehicle**

## Особенности обтекания и расчет аэродинамических характеристик ракет, выполненных по схеме «утка»

**В.Т. КАЛУГИН,**  
д-р техн. наук

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мо-  
сква),

**С.Н. ВОРОПАЕВ,**  
канд. техн. наук

(КБ точного машиностроения  
им. А.Э. Нудельмана,  
Москва),

**Д.К. НАЗАРОВА,**  
канд. техн. наук

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мо-  
сква)

dknazarova@bmstu.ru

Разработана сеточная методика определения аэродинамических характеристик ракет схемы «утка», учитывающая эффекты косо́й обдувки. На основе сопоставления с экспериментальными данными NASA выполнено тестирование точности получаемых по данной методике результатов расчета. Выполнен сравнительный анализ спектров обтекания ракеты схемы «утка» в режимах с отсутствием и наличием косо́й обдувки. Показано, что основным механизмом формирования косо́й обдувки является взаимодействие вихрей, образующихся при обтекании рулей, и вихрей, сходящих с корпуса ракеты.

**Аэродинамическая схема «утка», момент крена, момент рыскания, сеточные методы аэродинамики, косо́я обдувка, аэродинамические перекрестные связи**

## Flow Features and Aerodynamic Analysis of the Canard Missiles

V.T. KALUGIN<sup>1</sup>, S.N. VOROPAEV<sup>2</sup>, AND D.K. NAZAROVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow

<sup>2</sup> Nudel'man Precision Engineering Design Bureau, Moscow

*In this work, a grid method for determining the aerodynamic characteristics of canard missiles, taking into account the effects of the oblique blowing is developed. Based on a comparison with NASA experimental data, the accuracy of the calculation results obtained by this method was tested. A comparative analysis of the canard missile flow spectra in the modes with the absence and presence of the oblique blowing is carried out. It is shown that the main mechanism for the oblique blowing formation is the interaction of vortices arose during the flow around the rudders and vortices coming off the missile body.*

**Canard aerodynamic scheme, roll moment, yaw moment, grid methods of aerodynamics, oblique blowing, aerodynamic cross-links**

## **Расчет присоединенных масс тел с использованием $T$ -схем для численного восстановления интенсивности вихревого слоя**

*Рассмотрен новый алгоритм лагранжева вихревого метода для моделирования течений несжимаемой среды. Граничное условие на поверхности тела удовлетворяется введением вихревого слоя, интенсивность которого определяется из требования равенства касательных составляющих предельного значения скорости потока и скорости поверхности тела. Для решения возникающего граничного интегрального уравнения использована  $T$ -схема и алгоритм восстановления потенциала на основе метода наименьших квадратов. Приведены результаты применения алгоритма к вычислению компонент тензоров присоединенных масс.*

**И.К. МАРЧЕВСКИЙ,**

*д-р физ.-мат. наук,*

**Г.А. ШЕГЛОВ,**

*д-р техн. наук*

*(МГТУ Н.Э. Баумана, Москва)*

*shcheglov\_ga@bmstu.ru*

**Пространственное обтекание, несжимаемая среда, граничное интегральное уравнение, присоединенная масса,  $T$ -схема**

## **Computation of the Added Masses of Bodies by Using $T$ -Schemes for Numerical Reconstruction of the Vortex Sheet Intensity**

I.K. MARCHEVSKII AND G.A. SHCHEGLOV

Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow

*A new algorithm of the Lagrangian vortex method for incompressible flow simulation is considered. The boundary condition on the surface of the body is satisfied by introducing a vortex sheet, the intensity of which is determined from the equality condition between tangent components of the limit value of the flow velocity and the velocity of the body surface. To solve the resulting boundary integral equation, the  $T$ -scheme and the potential reconstruction algorithm based on the least squares method are used. The results of applying the algorithm to the computation of the components of the added mass tensors are presented.*

**Spatial flow, incompressible flow, boundary integral equation, added mass,  $T$ -scheme**

# ТЕОРИЯ АВИАЦИОННЫХ И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

УДК 620.9, 537.8, 532, 629.7

**А.Н. БАРЮХИН,**  
канд. техн. наук  
(ЦИАМ им. П.И. Баранова,  
Москва),

**В.А. КАДЕРОВ,**  
**Н.А. МАЛЕВИЧ**  
(МАИ, Москва),

**М.А. ОВДИЕНКО,**  
канд. техн. наук  
(ЦИАМ им. П.И. Баранова,  
Москва),

**Ю.А. РАВИКОВИЧ,**  
д-р техн. наук

**А.А. ФЕДОРОВ**  
(МАИ, Москва)  
n.s.ivanov88@gmail.com

## Формирование облика гибридной силовой установки для регионального самолета на жидком водороде

*Представлены промежуточные результаты исследования по применению гибридной силовой установки на региональных самолетах с использованием эффекта высокотемпературной сверхпроводимости.*

**Высокотемпературная сверхпроводимость, водород, высокотемпературная электрическая машина, гибридная силовая установка**

## Conceptual Design and Preliminary Calculations of a Hybrid Power Plant on Liquid Hydrogen for a Regional Aircraft

A.N. VARYUKHIN<sup>1</sup>, V.A. KADEROV<sup>2</sup>, N.A. MALEVICH<sup>2</sup>, M.A. OVDIENKO<sup>1</sup>,  
YU.A. RAVIKOVICH<sup>2</sup>, AND A.A. FEDOROV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> P.I. Baranov Central Institute of Aviation Motors, Moscow

<sup>2</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

*The paper presents the interim results of studying the application of a hybrid power plant on regional aircraft using the effect of high-temperature superconductivity.*

**High-temperature superconductivity, hydrogen, high-temperature electric machine, hybrid power plant**

## Методика расчета подачи жидкости струйным насосом из бака, расположенного в глубокой шахте

**Г.Л. ДЕГТЯРЕВ,**

д-р техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань),

**Н.Н. ЕЛЮКИН,**

канд. техн. наук,

**В.И. КИСЕЛЕВ,**

канд. техн. наук

(филиал ЮУрГУ, Миасс),

**А.С. МЕЩАНОВ,**

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань)

vliv52@mail.ru

*Рассмотрены особенности использования струйного насоса для подачи жидкости из бака, расположенного в глубокой шахте. Предложена методика расчета подачи насоса с учетом геометрических, гидравлических параметров и схемных особенностей системы. Исследовано влияние параметров системы на величину подачи насоса. По результатам исследования сформулированы рекомендации по использованию методики при проведении проектных и эксплуатационных расчетов подачи струйного насоса в аналогичных системах.*

**Струйный насос, бак, подача и напор жидкости, давление, массовый и объемный расход газа**

## A Technique to Estimate the Output of Fluid Jet Pump Supply from a Tank Placed in a Deep Mine

G.L. DEGTYAREV<sup>1</sup>, N.N. ELYUKIN<sup>2</sup>, V.I. KISELEV<sup>2</sup>, AND **A.S. MESHCHANOV**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

<sup>2</sup>Miass Branch of SUSU, Miass

*Features typical for using a jet pump to lift fluid from a tank placed in a deep-level mine are considered. The paper proposes a technique to estimate the output of a jet pump taking into account the geometric, hydraulic parameters and scheme peculiarities of the system. The dependence of the system parameters upon the pump output is studied. Recommendations for using the technique in design and operation calculations of the jet pump output in the same systems are resulted from the study.*

**Jet pump, tank, pump output and fluid head, pressure, gas mass and volume flow rates**

## О механизмах инициирования пульсирующего горения в бесклапанном эжекторном двухконтурном пульсирующем воздушно-реактивном двигателе

*Исследуются механизмы обратной связи, способствующие зарождению и поддержанию пульсирующего горения в новом типе двигателей. Двигатели имеют двойной излом газохода, создающий специфическую внутрикамерную вихревую систему, что позволяет работать им на сверхзвуковых скоростях полета. Установлено, что в данных двигателях пульсирующее горение может поддерживаться тремя видами обратной связи, работающими по отдельности и совместно.*

**К.В. МИГАЛИН**,  
канд. техн. наук  
(ООО НПФ «Ротор»,  
Тольятти),  
**К.А. СИДЕНКО**,  
студент  
(ТГУ, Тольятти)  
MigalinK7@gmail.com

**Бесклапанный эжекторный двухконтурный пульсирующий воздушно-реактивный двигатель, инициирование пульсирующего горения, циклическая детонация, квазидетонация, детонационный двигатель, аэроакустическая настройка, прецессия вихря**

## On the Mechanisms of Pulsed Combustion Initiation in a Valveless Ejector Bypass Pulsed Air-Jet Engine

K.V. MIGALIN<sup>1</sup> AND K.A. SIDENKO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Scientific and Production Company “Rotor” LLC, Tolyatti

<sup>2</sup>Togliatti State University, Tolyatti

*The feedback mechanisms promoting the initiation and maintenance of pulsating combustion in a new type of engine are examined. The engines have a double bend gas duct, which creates a specific intrachamber vortex system, which allows them to operate at supersonic flight speeds. It is found that in these engines, pulsating combustion can be sustained by three types of feedback working separately and jointly.*

**Valveless ejector bypass pulsed air-jet engine, pulsed combustion initiation, cyclic detonation, quasi-detonation, detonation engine, aeroacoustic tuning, vortex precession**



**Электронная система  
пространственного измерения  
воздушных параметров движения  
летательного аппарата  
с неподвижным приемником  
набегающего потока**

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

*Обосновывается актуальность разработки системы пространственного измерения воздушных параметров движения летательного аппарата с улучшенными массогабаритными и стоимостными характеристиками. Приводится функциональная схема, раскрывается методика формирования информативных сигналов, аналитические модели их обработки и пространственного определения воздушных параметров движения летательного аппарата в измерительных каналах электронной системы с одним неподвижным приемником набегающего воздушного потока.*

**Летательный аппарат, движение, воздушные параметры, пространственное измерение, электронная система, неподвижный приемник, воздушный поток**

**Electronic System of Spatial Measurement of Air Parameters  
of the Aircraft Motion with the Fixed Receiver of Incident Flow**

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

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

*The relevance of development of the system of spatial measurement of air parameters of the aircraft motion with improved mass-dimensional and cost characteristics is substantiated. The functional scheme is given, the technique of forming informative signals is revealed as well as analytical models of their processing and spatial determination of the air parameters of the aircraft motion in the measurement channels of the electronic system with one fixed receiver of the incident air flow.*

**Aircraft, motion, air parameters, spatial measurement, electronic system, fixed receiver, air flow**

## Повышение эффективности использования литий-ионных аккумуляторных батарей в энергосистемах космических аппаратов

**М.В. НЕСТЕРИШИН**  
(АО «ИСС»  
им. акад. М.Ф. Решетнева,  
Железногорск),  
**В.Г. БУКРЕЕВ**,  
д-р техн. наук  
(ТПУ, Томск),  
**Р.В. КОЗЛОВ**,  
канд. техн. наук,  
**А.В. ЖУРАВЛЕВ**  
(АО «ИСС»  
им. акад. М.Ф. Решетнева,  
Железногорск)  
zhuravlev@iss-reshetnev.ru

*Рассматривается способ повышения эффективности использования литий-ионных аккумуляторных батарей в системах электропитания космических аппаратов. Задача решается для части системы электропитания, состоящей из литий-ионных аккумуляторных батарей и бортовой кабельной сети между литий-ионной аккумуляторной батареей и зарядно-разрядным устройством комплекса энергопреобразующей аппаратуры. В результате оптимизации удельных массогабаритных характеристик определяется количество литий-ионных аккумуляторов в литий-ионной аккумуляторной батарее для заданного энергопотребления полезной нагрузкой космического аппарата и минимальное значение количества проводов в бортовой кабельной сети нормативного сечения.*

**Космический аппарат, литий-ионная батарея, бортовая кабельная сеть, энергетическая эффективность**

## Improvement of Application Efficiency for Li-Ion Batteries Used in the Satellite Electric Power Subsystems

M.V. NESTERISHIN<sup>1</sup>, V.G. BUKREEV<sup>2</sup>, R.V. KOZLOV<sup>1</sup>,  
AND A.V. ZHURAVLEV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> AO Reshetnev ISS, Zheleznogorsk

<sup>2</sup> Tomsk Polytechnic University, Tomsk

*The method of application efficiency improvement for Li-ion batteries used in electrical power subsystems of satellites is reviewed in the paper. The task was solved for a part of electrical power subsystem that consists of Li-ion batteries and onboard harness between a battery and a charge-discharge unit of a power conditioning unit. As a result of specific mass and dimensional characteristics optimization, the number of cells in the battery was defined for the specified power consumption of the satellite as well as the payload and the minimum number of wires in the harness with the standard wire cross-section.*

**Satellite, Li-ion battery, onboard harness, energy efficiency**

**Е.А. ПУЗЫРЕЦКИЙ,  
Л.П. ШАБАЛИН,**

канд. техн. наук,

**Д.В. САВИНОВ**  
(КНИТУ-КАИ, Казань),

**И.В. МАРЕСКИН**

(ЦАГИ

им. проф. Н.Е. Жуковского,

Жуковский)

leonid.shabalin@gmail.com

## **Моделирование и оптимизация процессов создания композитного тела гибридной лопасти тягового винта**

*Рассмотрены основные этапы изготовления композиционного изделия, разработаны расчетные модели анализа драпировки, пропитки, отверждения и коробления. При сопоставлении полученных результатов с результатами технологической обработки достигнута хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных.*

**Лопасть тягового винта, гибридная конструкция, композитный материал, конечный элемент, технологические параметры, упреждение оснастки**

## **Modeling and Optimization of Manufacturing Processes of the Hybrid Composite Propeller Blade**

E.A. PUZYRETSKII<sup>1</sup>, L.P. SHABALIN<sup>1</sup>, D.V. SAVINOV<sup>1</sup>, AND I.V. MARESKIN<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

<sup>2</sup> Zhukovsky Central Aerohydrodynamic Institute (TsAGI), Zhukovsky

*The main stages of manufacturing a composite part are considered and calculation models for the analysis of draping, impregnation, curing and warping are developed. A good convergence of the simulation data with the results of technological experiment was obtained.*

**Propeller blade, hybrid structure, composite material, finite element, technological parameters, mold deflection**

## **Интегральная оценка качества заготовки переднего днища ракетного двигателя на твердом топливе из титанового сплава для штамповки взрывом**

**Ф.А. УРАЗБАХТИН,**  
д-р техн. наук,  
**В.Ф. УРАЗБАХТИН,**  
аспирант  
(ИжГТУ  
им. М.Т. Калашникова,  
Ижевск)  
uras\_51@mail.ru

*На основе анализа критичности построена математическая модель оценки качества заготовки из листового титанового сплава для изготовления штамповкой взрывом крупногабаритной детали – переднего днища ракетного двигателя на твердом топливе. Данная оценка представляется в интегральном виде, состоит из показателей критичности, объединенных в специальное множество и характеризующих степень выполнения определенного технического требования.*

**Заготовка, штамповка взрывом, множество оценок, крупногабаритные детали, показатели критичности, титановые сплавы, параметры, оценка качества**

## **Integral Quality Estimation of the Explosive Forming Blank for the Titanium Alloy Front Bottom of the Solid Propellant Rocket Engine**

F.A. URAZBAKHTIN AND V.F. URAZBAKHTIN

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk

*A mathematical model for the quality estimation of a blank made of a titanium alloy sheet for manufacture of a large-sized part, namely, the front bottom of the solid propellant rocket engine by explosive forming is constructed on the base of the criticality analysis. This estimation is presented in an integral form and consists of criticality indicators combined into a special set, each of which characterizes the degree of fulfillment of a certain technical requirement.*

**Blank, explosive forming, set of estimates, large-sized parts, criticality indicators, titanium alloys, parameters, quality estimation**

**Численное моделирование  
конвективного теплообмена  
при вынужденном движении теплоносителя  
в системах охлаждения с разрезным оребрением**

**А.А. ЛОПАТИН,**  
канд. техн. наук,  
**Р.А. ГАБДУЛЛИНА,**  
**А.Р. БИКТАГИРОВА,**  
аспирант,  
**А.А. ТЕРЕНТЬЕВ,**  
аспирант  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
rozzy94@mail.ru

*Проводится численное моделирование процессов интенсификации теплоотдачи в вынужденно-конвективных системах охлаждения, выполненных на основе разрезного оребрения. Обоснован выбор модели турбулентности  $k-\omega$ -SST, проведена верификация численной модели на основе экспериментальных данных, определены оптимальные параметры глубины и количества рассечений кромки ребра, проведен анализ модернизации геометрии рабочего участка.*

**Системы охлаждения, разрезные ребра, теплоотдача, интенсификация теплообмена, тепловой поток, моделирование распределения температур, численное моделирование, вихревые течения**

**Numerical Simulation of Convective Heat Transfer under  
Forced Motion of Heat Carrier in Cooling Systems with Split Fin**

A.A. LOPATIN, R.A. GABDULLINA, A.R. BIKTAGIROVA,  
AND A.A. TERENT'EV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

*The paper is devoted to numerical simulation of heat transfer enhancement processes in forced convective cooling systems based on split fins. The choice of the  $k-\omega$ -SST turbulence model is substantiated, the numerical model is verified on the basis of experimental data, the optimal parameters for the depth and number of cuts of the fin edge are determined, and the analysis of the modernization of the working section geometry is carried out.*

**Cooling systems, split fins, heat transfer, heat transfer enhancement, heat flux, temperature distribution simulation, numerical simulation, vortex flows**

## Диагностирование распределенных механических воздействий индикаторным полимерным покрытием

*В квазистатическом приближении разработан математический алгоритм диагностирования спектра многоточечных механических воздействий по поверхности индикаторного полимерного покрытия со встроенным оптоволоконным пьезоэлектролюминесцентным датчиком для случая распределенных вдавливаний множества монодисперсных жестких шаровых частиц. Представлены результаты численного моделирования по обработке информативного интегрального светового спектра 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, механолюминесценция, механическое воздействие, численное моделирование**

## Diagnostics of Distributed Mechanical Impact by Indicator Polymer Coating

A.A. PAN'KOV

Perm National Research Polytechnic University, Perm

*In a quasi-static approximation, a mathematical algorithm is developed for diagnosing a spectrum of multi-point mechanical impact on the surface of an indicator polymer coating with an integrated fiber-optic piezoelectroluminescent sensor for the case of distributed indentations of a plurality of monodispersed rigid ball particles. Results of numerical modeling on processing the informative integral light spectrum at the output from the optical fiber of the piezoelectroluminescent sensor are presented.*

**Indicator polymer coating, integrated fiber optic sensor, mechano-luminescence, mechanical impact, numerical modeling**

## Повышение ресурса деталей газотурбинных двигателей, работающих в условиях фреттинга

**И.Р. АСЛАНЯН,**  
д-р техн. наук,  
**М.С. ЕРЕМКИНА,**  
**Д.Д. КОРОЛЕВ**  
(МАИ, Москва)  
as-irina@rambler.ru

*Рассматриваются вопросы повышения ресурса деталей газотурбинных двигателей, работающих в условиях фреттинга. Исследуется влияние различных факторов – термической обработки и количества твердых включений SiC – на фреттинг-изнашивание электролитических NiP-покрытий.*

**NiP-покрытия, фреттинг, изнашивание, газотурбинные двигатели**

## Increasing the Lifetime of Gas Turbine Engine Parts Operating under Fretting Conditions

I.R. ASLANYAN, M.S. EREMKINA, AND D.D. KOROLEV

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

*This work is devoted to the issues of increasing the lifetime of parts of gas turbine engines operating in fretting conditions. The paper considers the influence of various factors such as heat treatment and the amount of SiC hard inclusions, on the fretting wear of electrolytic NiP coatings.*

**NiP coatings, fretting, wear, gas turbine engines**