

**Т.А. ЗЕНЧЕНКО**,  
д-р биол. наук  
(ИТЭБ РАН, Пуцино),  
**В.А. ГОРШКОВ**,  
д-р техн. наук,  
**Н.Н. СИРОТИН**,  
д-р техн. наук,  
**А.И. ФРОЛКОВ**,  
д-р техн. наук,  
**А.И. ПЛЕШАКОВ**,  
канд. техн. наук  
(ГосНИИ ГА, Москва)  
zench@mail.ru

Разработан новый эмпирический метод оценки относительного вклада детерминированной, хаотической и шумовой компонент во временных рядах уровня аварийности воздушных судов в авиации Вооруженных сил Российской Федерации. Проанализировано поведение зависимостей величины старшего показателя Ляпунова от задаваемого в алгоритме параметра «число используемых соседей» в случае модельных рядов (детерминированных, хаотических и рядов окрашенного шума), что позволило оценить границы численных значений параметров, характерных для этих типов рядов и затем применить их для анализа процентного содержания шума в реальных рядах числа авиационных событий.

**Прогноз аварийности воздушных судов, авиационное событие, временные ряды, старший показатель Ляпунова**

## Identification Method of the Time Series Properties of the Aviation Events

T.A. ZENCHENKO, V.A. GORSHKOV, N.N. SIROTIN,  
A.I. FROLKOV, AND A.I. PLESHAKOV

*The new empirical method was developed for estimating the relative contribution of the deterministic, chaotic and noise components in the time series of the accident rate of aircraft in the Armed Forces of the Russian Federation. The behavior analysis of the senior Lyapunov exponent dependencies on the parameter of “number of used neighbors” specified in the algorithm in the case of model series (deterministic, chaotic and colored noise series) enabled to estimate the boundaries of numerical values of the parameters typical for these types of series and then apply them to the noise percentage analysis in the real series of the aviation event number.*

**Aircraft accident forecast, aviation event, time series, senior Lyapunov exponent**

**О.В. ФИЛОНИН,**

*д-р техн. наук,*

**И.В. БЕЛОКОНОВ,**

*д-р техн. наук,*

**З.И. ГИМРАНОВ,**

*аспирант*

*(Самарский ун-т, Самара)*  
zafargimranov86@gmail.com

*Рассмотрены методы математического моделирования и расчета основных параметров малогабаритных магнитоиндукционных эжекторов (систем отделения) для прецизионного вывода на орбиты нано- и микроспутников. Приведены примеры некоторых технических решений.*

**Система отделения, наноспутник, магнитоиндукционный эжектор, накопитель энергии, управляемое отделение, система ориентации**

## **Compact Automatic System for the Controllable Launch of Nanosatellites on a Desired Trajectory**

O.V. FILONIN, I.V. BELOKONOV, AND Z.I. GIMRANOV

*We consider the methods of mathematical modeling and calculation of main parameters of compact magnetic induction ejectors (separation systems) for precision launch into orbit of nano- and microsatellites. Examples of some technical solutions are presented.*

**Separation system, nanosatellite, magnetic induction ejector, energy storage, control separation, attitude control system**

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

**А.Я. НЕДБАЙ,**  
канд. техн. наук,

**И.О. ШЕПЕЛЕВА**  
(АО «Корпорация "МИТ"»,  
Москва)  
vbak@yandex.ru

Для оболочки с тремя участками получены зависимости критической частоты от различных толщин этих участков. Сделана оценка погрешности допущений, принятых при построении математической модели оболочки.

**Динамическая устойчивость цилиндрической оболочки, оболочка переменной толщины, внешнее пульсирующее давление**

## **Dynamic Stability of an Orthotropic Cylindrical Shell of Piecewise Constant Thickness under the Action of External Pulsating Pressure**

V.N. BAKULIN, A.YA. NEDBAI, AND I.O. SHEPELEVA

*For a shell with three sections, dependences of the critical frequency on the different thicknesses of these sections are obtained. The error of the assumptions accepted at constructing the mathematical model of a shell is evaluated.*

**Dynamic stability of the cylindrical shell, shell with variable thickness, external pulsating pressure**

**Л.Н. АЛЕКСАНДРОВСКАЯ,**

д-р техн. наук  
(МАИ, Москва),

**О.Б. КЕРБЕР,**

канд. техн. наук  
(ПАО «МИЭА» (Москва),

**П.А. ИОСИФОВ,**

канд. техн. наук  
(МАИ, Москва),

**Г.В. ПАНКИНА,**

д-р техн. наук  
(НИИ ВШЭ, Москва),

**Б.В. БОЙЦОВ,**

д-р техн. наук  
(МАИ, Москва),

kirillinav@mati.ru

Приведены результаты исследования оценки сверхмалых рисков на основе аппроксимации эмпирических функций распределения вероятностей точностных характеристик автоматической посадки самолетов смесью распределений. Получены результаты, позволяющие рекомендовать разработанный подход для широкого круга задач подтверждения требований к безопасности, в том числе при формировании доказательной базы при сертификации систем автоматической посадки гражданских самолетов.

**Безопасность, риск, автоматическая посадка самолета, смесь распределений**

## Using Mixture Distributions for the Analysis and Estimation of Ultra-Low Risks in the Problems of Ensuring the Safety of Automatic Aircraft Landing

L.N. ALEKSANDROVSKAYA, O.B. KERBER,  
P.A. IOSIFOV, G.V. PANKINA, AND B.V. BOITSOV

*The paper reviews the results of assessing the ultra-low risks based on empirical functions of the probability distribution of the automatic aircraft landing accuracy, approximated by a mixture of distributions. Based on the outcomes obtained, the resultant approach can be recommended for resolving a wide range of problems of the validation of safety requirements including the case to create the evidential base in certification of automatic landing systems for civil airplanes.*

**Safety, risk, automatic aircraft landing, mixture of distributions**

**В.А. АФАНАСЬЕВ,**  
канд. техн. наук  
(филиал ЮУрНИТУ, Миасс),  
**Г.Л. ДЕГТЯРЕВ,**  
д-р техн. наук,  
**А.С. МЕЩАНОВ,**  
канд. техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
mas41@list.ru

*Рассматривается регулирование направления подъемной силы в пространстве. Синтезировано управление механизмом перемещения центра масс в продольном направлении для регулирования запаса статической устойчивости и в поперечном направлении для создания балансируемых равновесий по углу атаки и скоростному углу крена. Выбрана структура закона управления угловым ускорением, получены формулы вычисления управляющих параметров.*

**Беспилотный летательный аппарат, перемещение центра масс, поперечное и продольное направление, балансируемое равновесие, угол атаки, угол скоростного крена, закон управления, управляющие параметры**

## **Analytical Design of the Law for Control of the Center of Mass Motion for an Unmanned Aerial Vehicle**

V.A. AFANAS'EV, G.L. DEGTYAREV, AND A.S. MESHCHANOV

*The control of the lift direction in space is considered. We synthesized the control of the mechanism of the center of mass motion in the longitudinal direction for regulating the static margin and in the transverse direction for creating the balancing equilibrium at the angles of attack and air-path roll angles. The structure of the law to control the angular acceleration is chosen, formulas to calculate the control parameters are obtained.*

**Unmanned aerial vehicle, center of mass motion, transverse and longitudinal direction, balancing equilibrium, angle of attack, air-path roll angle, control law, control parameters**

**Л.Ю. ЕМАЛЕТДИНОВА,**  
д-р техн. наук,  
**А.Н. КАБИРОВА,**  
канд. техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
kabirowaai@mail.ru

Рассматриваются методы формирования обучающих выборок, построения нейросетевых моделей регуляторов на основе последовательного наращивания числа слоев и нейронов в случае одномерного и двумерного управления динамическим объектом с гладким монотонным поведением. Приведены результаты построения нейросетевой модели регулятора для управления движением крена беспилотного летательного аппарата с автономно работающим каналом крена, а также рассмотрен пример построения нейросетевых моделей регуляторов для двумерного управления боковым движением беспилотного летательного аппарата с упрощенной моделью.

**Нейросетевая модель регулятора, система автоматического управления, перцептрон, одномерное и двумерное управление динамическим объектом, динамический объект с гладким монотонным поведением**

## **Methods of Constructing the Neural Network Models of Regulators for Controlling a Dynamic Object with Smooth Monotonous Behavior**

L.YU. EMALETDINOVA AND A.N. KABIROVA

*The paper describes the methods of forming the training samples and constructing the neural network models of regulators by increasing the number of layers and neurons in the case of one-channel and two-channel control of a dynamic object with smooth monotonous behavior. The paper presents results of constructing the neural network model of a regulator for controlling the rolling motion of an unmanned aerial vehicle with an autonomous roll channel. We consider an example of constructing the neural network models of regulators for two-channel control of lateral motion for unmanned aerial vehicles with a simplified model.*

**Neural network model of a regulator, automatic control system, perceptron, one and two-channel control of a dynamic object, dynamic object with smooth monotonous behavior**

**С.В. КОНСТАНТИНОВ,**

д-р техн. наук

(филиал ПАО «Компания  
"Сухой"» «ОКБ Сухого»,

Москва;

МАИ, Москва),

**В.И. ЛАЛАБЕКОВ,**

д-р техн. наук

(МАИ, Москва),

**Ю.Г. ОБОЛЕНСКИЙ,**

д-р техн. наук

(АО «РСК "МиГ"», Москва;

МАИ, Москва)

lalabekov.valentin@yandex.ru

Представлены математическая модель и результаты исследования процессов, протекающих во взаимосвязанной системе «твердотопливная двигательная установка – поворотное управляемое сопло – эластичный опорный шарнир – газогидравлический привод». Показана возможность повышения эффективности летательного аппарата за счет особенностей, присущих исследуемой системе.

**Двигательная установка на твердом топливе, поворотное сопло, эластичный опорный шарнир, газогидравлический привод**

## **Mathematical Model of the Gas-Hydraulic Control Actuator for the Swiveling Nozzle of the Propellant Fuel Propulsion System with Flexible Joint**

S.V. KOSNTANTINOV, V.I. LALABEKOV, AND YU.G. OBOLENSKII

*The mathematical model and research results of processes running in the interconnected system of "solid propellant propulsion system – swiveling controlled nozzle – flexible joint – gas-hydraulic actuator" are represented. The possibility of increasing the aircraft efficiency due to the inherent features of the system under study is shown.*

**Solid propellant propulsion system, swiveling nozzle, flexible joint, gas-hydraulic actuator**

**О.А. ЛЕДЯНКИНА,**  
**А.М. ГИРФАНОВ,**  
д-р техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
OALedyankina@kai.ru

*Исследуется возможность приближения модели динамики полета пилотажного стенда к натурным характеристикам вертолета. Представлена методология функционирования имитационной модели, корректирующей величины сил и моментов, действующих на вертолете в полете. Проведена апробация предложенного способа корректировки характеристик базовой модели к характеристикам условно модифицированного вертолета.*

**Динамика полета, вертолет, нейронные сети**

## **Assessment of Improving Performance of an Imitation Model with Respect to the Real Flight Characteristics of a Helicopter**

O.A. LEDYANKINA AND A.M. GIRFANOV

*The possibility of obtaining the better flight dynamics model of the flight simulator, relative to the real flight characteristics of a helicopter, is investigated. The paper presents an operating methodology of the imitation model that corrects values of forces and moments acting on the helicopter during flight. We perform the approbation of the proposed method, which corrects characteristics of the base model to conditionally modified helicopter characteristics.*

**Flight dynamics, helicopter, neural networks**

**М.Ю. ЕГОРОВ,**  
д-р физ.-мат. наук  
(ПНИПУ, Пермь)  
egorov-m-j@yandex.ru

Формулируется сопряженная постановка задачи уровня постановки вычислительного эксперимента. Для ее реализации разработан и протестирован комплекс прикладных программ для ЭВМ. Приведены результаты численных расчетов.

**Ракетный двигатель на твердом топливе, внутрикамерные процессы, горение, газовая динамика, вычислительный эксперимент, результаты расчетов**

## **Numerical Research of Intra-Chamber Transient Processes Dynamics during Starting Operation of the Solid Propellant Rocket Engine with Special Arrangement**

M.YU. EGOROV

*A conjugate problem statement of the computational experiment performing level is formulated. A complex of computer application programs was developed and tested for its implementation. The results of numerical study are given.*

**Solid propellant rocket engine, intra-chamber processes, burning, gas dynamics, computational experiment, calculation results**

**Ю.М. ИГНАТКИН,**  
канд. техн. наук,  
**П.В. МАКЕЕВ,**  
канд. техн. наук,  
**В.И. ШАЙДАКОВ,**  
д-р техн. наук,  
**А.И. ШОМОВ,**  
канд. техн. наук  
(МАИ, Москва)  
vaultcity13@gmail.com

*Исследована работа несущего винта одновинтового вертолета Ми-8 на режимах крутого снижения с углами атаки винта  $\alpha_s = 90 \div 30^\circ$ . Получены суммарные и распределенные аэродинамические характеристики, формы вихревого следа и картины обтекания винта. На основе анализа полученных результатов по ряду различных характерных признаков построена область режимов «вихревого кольца». Проведено сравнение результатов расчета с экспериментальными данными, а также с расчетами других авторов.*

**Несущий винт, нелинейная вихревая модель, крутое снижение, режимы «вихревого кольца», аэродинамические характеристики**

## **Computational Research of the Main Rotor Steep Descent Modes Based on the Nonlinear Blade Vortex Model**

YU.M. IGNATKIN, P.V. MAKEEV, V.I. SHAIKOV, AND A.I. SHOMOV

*The main rotor operation is studied of the Mi-8 single-rotor helicopter in steep descent modes at the rotor angles of attack  $\alpha_R = 90-30$  deg. The study resulted in total and distributed aerodynamic performance, rotor wake patterns and flow patterns. The vortex ring state area is designed based on the result analysis in terms of some features. The calculation results are compared with the experimental data and calculations of other authors.*

**Main rotor, nonlinear vortex model, steep descent, vortex ring states, aerodynamic performance**

**А.А. ЛОПАТИН,**  
канд. техн. наук,  
**Д.В. НИКОЛАЕВА,**  
аспирант  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
dvnikolaeva@stud.kai.ru

Проведены экспериментальные исследования теплоотдачи поверхностей с разрезными ребрами в условиях естественной конвекции. Показано влияние стесненности кожуха и угла разгиба лепестков ребер на интенсивность теплоотдачи. С целью анализа данных тестовых экспериментов произведен расчет по формулам зависимостей М.А. Михеева и В.П. Исаченко для гладкого ребра. Выявлены оптимальные параметры высоты поднятия кожуха и угла раскрытия лепестков ребер, соответствующие наилучшей теплоотдаче. Проведено сравнение коэффициентов теплоотдачи гладкого и разрезного ребра, оценена эффективность использования разрезного оребрения.

**Оребрение, интенсификация, поверхность, конвекция, теплоотдача**

## **Influence of Some Geometrical Parameters of Split Ribs on the Heat Transfer under Free Convection**

A.A. LOPATIN AND D.V. NIKOLAEVA

*Experimental studies of the heat transfer of surfaces with split ribs under the natural convection conditions were carried out. The effect of the casing shrinkage and the angle of rib lobes extension on the heat transfer intensity was shown. In order to analyze the data of test experiments, the calculations were performed using the M.A. Mikheev and V.P. Isachenko dependencies for a smooth rib. The optimal parameters of the casing height and the angle of rib edges extension corresponding to the best heat transfer were revealed. The heat transfer coefficients of the smooth and split ribs were compared, the efficiency of using split ribbing was evaluated.*

**Ribbing, intensification, surface, convection, heat transfer**

**М.В. ЧЕРНЫШОВ,**  
 д-р техн. наук  
 (БГТУ «ВОЕНМЕХ»  
 им. Д.Ф. Устинова,  
 Санкт-Петербург)  
 mvcher@mail.ru

*Рассматриваются тройные конфигурации скачков уплотнения с отрицательным углом наклона отраженного скачка к вектору скорости сверхзвукового потока перед тройной точкой (обратные тройные конфигурации). Определены обратные конфигурации с максимальными отношениями параметров потоков на тангенциальном разрыве за ними. Экстремальные отношения параметров течения за обратными конфигурациями сравниваются с аналогичными экстремальными соотношениями, достигаемыми на всем множестве произвольных тройных конфигураций скачков уплотнения, возникающих в сверхзвуковых потоках невязкого совершенного газа.*

**Воздухозаборник, ракетный двигатель, маховское отражение, тройная конфигурация**

## Extreme Triple Configurations with Negative Slope Angle of the Reflected Shock

M.V. CHERNYSHOV

*The triple configurations of stationary shock waves with negative slope angle of the reflected shock to the velocity vector of the supersonic stream in front of the triple point ("inverse" triple configurations) are considered. "Inverse" configurations with the maximum relations of flow parameters at the slipstream after the triple point are determined. Extreme relations of the flow parameters downstream the "inverse" configurations are compared with the parameters attained on the whole set of the triple-shock configurations that appear in supersonic streams of the inviscid perfect gas.*

**Air inlet, rocket engine, Mach reflection, triple-shock configuration**

**А.И. БЕЛОУСОВ,**

*д-р техн. наук,*

**В.А. БОРИСОВ,**

*канд. техн. наук,*

**Ф.В. ПАРОВАЙ,**

*канд. техн. наук*

*(Самарский ун-т, Самара)*

*parovai@mail.ru*

*Рассматриваются уплотнители из упругодемпфирующего пористого материала МР. Сформулированы особенности рассматриваемого типа уплотнений турбин и требования к ним. Приведены результаты экспериментальных исследований и созданные конструкции уплотнений.*

**Газотурбинный двигатель, турбина, охлаждение деталей, стык, уплотнитель, материал МР, исследование, расход охлаждающего воздуха**

## **Research and Development of the Joint Seals for Gas Turbine Engine High-Temperature Turbine Stator Units**

A.I. BELOUSOV, V.A. BORISOV, AND F.V. PAROVAI

*The porous elastic damping metal mesh material (metal fiber) is considered as a joint seal. The features of this type of turbine seals and requirements to their application are presented. Data of the experimental studies and already created seal designs are given.*

**Gas turbine engine, turbine, unit cooling, joint, seal, metal fiber, research, cooling air flow rate**

**Б.И. МАМАЕВ,**

*д-р техн. наук,*

**А.В. СТАРОДУМОВ,**

**С.А. ПОЛУБОЯРИНОВА**

*(ОКБ им. А. Люльки, Москва)*

andrey.starodumov@okb.umpo.ru

*На основе анализа результатов экспериментальных исследований различных авторов установлено, что утолщение входной кромки профиля при положительных углах атаки повышает атакоустойчивость решетки умеренной конфузурности, но не оказывает влияния в высококонфузорной решетке, а при отрицательных углах атаки практически не сказывается на потерях в решетке любой конфузурности.*

**Решетка, конфузурность, толщина входной кромки профиля, угол атаки, потери, атакоустойчивость**

## **Influence of the Airfoil Leading Edge Thickness on Turbine Cascade Losses Due to the Incidence**

B.I. MAMAEV, A.V. STARODUMOV, S.A. POLUBOYARINOVA

*On the basis of experimental studies, it is established that the thickening of the airfoil leading edge at positive incidences increases the impingement resistance of the moderate convergence cascade, but it does not exert impact in the high convergence cascade, and practically does not affect losses in the cascade of any convergence at the negative incidences.*

**Cascade, convergence, airfoil leading edge thickness, incidence, losses, impingement resistance**

**А.И. СУЛАИМАН,**

аспирант,

**Б.Г. МИНГАЗОВ,**

д-р техн. наук,

**Ю.Б. АЛЕКСАНДРОВ,**

канд. хим. наук,

**Т.Д. НГУЕН,**

аспирант

(КНИТУ-КАИ, Казань)

Alexwischen@rambler.ru

Моделируется процесс смешения, на основе экспериментальных исследований создается метод расчета коэффициента смешения. Определяется влияние некоторых факторов на изменение коэффициента смешения в зоне обратных токов в закрученном потоке за фронтным устройством.

**Закрученный поток, завихритель, смешение с потоком**

## **Investigation of the Flow Mixing behind the Flame Tube Head of a Combustion Chamber in a Gas Turbine Engine**

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

*A mixing process is simulated and a calculation technique for determining the mixing ratio is created based on experimental studies. Influence of some factors on this ratio is determined in the recirculation mixing zone in the swirling flow behind the flame tube head.*

**Swirling flow, swirler, flow mixing**

**А.В. ШАБАЛОВ,**  
**В.И. ХАЛИУЛИН,**  
д-р техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань),  
**Р.Ш. ГИМАДИЕВ,**  
д-р техн. наук  
(КГЭУ, Казань),  
**Н.В. ЛЕВШОНКОВ,**  
канд. техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
pla.kai@mail.ru

Разработана математическая модель для исследования процессов трансформирования шестилучевых складчатых структур. Уравнения для расчета траекторий перемещения элементов структуры получены на основе методов векторного анализа. Приводится алгоритм и пример решения модельной задачи.

**Шестилучевые структуры, заполнитель, математическая модель, трансформирование, численный алгоритм**

## Modeling the Transformation of Hexactinal Folded Structure

A.V. SHABALOV, V.I. KHALIULIN, R.SH. GIMADIEV, AND N.V. LEVSHONKOV

*A mathematical model is developed to study the transformation of hexactinal folded structures. Equations for calculation of the structure element pathways during transformation are obtained based on the vector analysis methods. An algorithm is presented together with a model problem solution.*

**Hexactinal structures, sandwich panel core, mathematical model, transformation, numerical algorithm**

**А.В. ИЛЬИНКОВ,**

канд. техн. наук,

**А.М. ЕРМАКОВ,**

канд. техн. наук,

**В.В. ТАКМОВЦЕВ,**

канд. техн. наук,

**А.В. ЩУКИН,**

д-р техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань),

**А.М. ЕРЗИКОВ,**

магистр

(КНИТУ-КАИ, Казань);

ФГУП «ВНИИР», Казань)

a.v.shchukin@rambler.ru

*Предложена методика поверочного расчета охлаждаемых турбинных лопаток газотурбинных двигателей, существенно сокращающая время выполнения и трудоемкость расчета их температурного состояния по сравнению с прямым численным моделированием в ANSYS CFX. Методика продемонстрирована на примере расчета сопловой турбинной лопатки с дефлектором и душированием входной кромки. Для замыкания алгоритма расчета используется модуль с банком обобщенных опытных данных по теплоотдаче и сопротивлению в охлаждающих каналах.*

**ANSYS CFX, прямое численное моделирование, охлаждаемая турбинная лопатка, комбинированный алгоритм расчета**

## **Algorithm of Numerical Checking Calculation of Turbine Cooled Blades of Gas Turbine Engines Using Experimental Data on Heat Transfer and Resistance**

A.V. IL'INKOV, A.M. ERMAKOV, V.V. TAKMOVTSEV,  
A.V. SHCHUKIN, AND A.M. ERZIKOV

*The paper proposes a method of checking calculation of turbine cooled blades of gas turbine engines which significantly reduces the execution time and complexity of calculation of their thermal state compared to direct numerical calculation in ANSYS CFX. The method is demonstrated by the example of the calculation of a turbine nozzle blade with an impingement tube and the spot cooling of the leading edge. The module with a bank of generalized experimental data on heat transfer and resistance in the cooling channels is used for closure of the calculation.*

**ANSYS CFX, direct numerical simulation, turbine cooled blade, combined calculation algorithm**

**И.А. КРИВОШЕЕВ,**  
 д-р техн. наук,  
**К.Е. РОЖКОВ,**  
 канд. техн. наук,  
**Н.Б. СИМОНОВ**  
 (УГАТУ, Уфа)  
 krivosh777@mail.ru

*Рассматривается метод выбора оптимального числа ступеней и распределения работ по ступеням при проектировании компрессоров и турбин, основанный на введенном понятии идеального давления и идеальных значений степени повышения (в компрессоре) и снижения (в турбине) давления. Получены выражения для расчета КПД компрессоров и турбин, ступеней и лопаточных венцов в их составе. Эффективность метода подтверждается примером расчета двух- и трехступенчатых вариантов компрессоров низкого давления для турбореактивного двухконтурного двигателя со смешением потоков.*

**Газотурбинный двигатель, лопаточная машина, компрессор, турбина, проточная часть, ступень, ротор, коэффициент полезного действия, коэффициент восстановления полного давления, коэффициент расхода, коэффициент теоретического напора**

## **Optimization of the Stage Number and Parameter Distribution in the Flow Passage at GTE Compressor and Turbine Design**

I.A. KRIVOSHEEV, K.E. ROZHKOVA, AND N.B. SIMONOV

*For selecting the optimal number of stages and the distribution of work along the stages at the compressor design, the method proposed by the authors is considered. The method is based on the introduced concept of an ideal pressure and ideal values of total pressure ratio (increasing in the compressor and decreasing in the turbine) and expressions obtained to calculate the efficiency of compressors and turbines, stages and profile blading in their composition. The method adequacy is confirmed by an example that shows results for two- and three-stage low pressure compressor for bypass turbofan engine calculation.*

**Gas turbine engine, impeller machine, compressor, turbine, flow passage, stage, rotor, efficiency, total pressure recovery coefficient, mass flow rate, theoretical head pressure coefficient**

**В.В. СОЛДАТКИН,**  
д-р техн. наук,  
**А.В. НИКИТИН,**  
канд. техн. наук,  
**Е.О. АРИСКИН,**  
аспирант  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
nikitin.rf@mail.ru

*Рассматривается проблема измерения воздушных параметров и состояния атмосферы на борту вертолета в условиях аэродинамических возмущений вихревой колонны несущего винта. Раскрывается функциональная схема, конструктивные особенности датчика воздушных параметров и алгоритмы обработки информации бортовой системы с неподвижным приемником, ионно-меточными и аэрометрическими измерительными каналами на различных режимах эксплуатации вертолета (стоянка, стартовые, взлетно-посадочные).*

**Вертолет, воздушные параметры, состояние атмосферы, измерение, система, неподвижный датчик воздушных сигналов, ионно-меточные и аэрометрические измерительные каналы, алгоритмы обработки, характерные режимы эксплуатации**

## **Construction and Algorithms of the Onboard System for Measuring the Helicopter Air Data and State of the Atmosphere with a Stationary Receiver, Ion-Mark and Aerometric Measurement Channels**

V.V. SOLDATKIN, A.V. NIKITIN, AND E.O. ARISKIN

*The problem of measuring the air parameters and state of the atmosphere on board the helicopter under the aerodynamic disturbances of the main rotor vortex column is considered. The functional scheme, design features of the air parameter sensor and algorithms of information processing at the parking, starting, takeoff and landing and other modes of helicopter of the onboard system with a stationary receiver, ion-mark and aerometric measurement channels are revealed.*

**Helicopter, air parameters, state of atmosphere, measurement, system, stationary sensor of air signals, ion-mark and aerometric measuring channels, processing algorithms, characteristic modes of operation**

**А.И. ТИШКОВ,**

*студент,*

**Ю.В. КОНОПЛЕВ,**

*аспирант*

*(БГТУ «ВОЕНМЕХ»,*

*Санкт-Петербург),*

**И.В. ШЕВЦОВ**

*(АО «ИСС»*

*им. акад. М.Ф. Решетнёва,*

*Железнодорожск),*

**А.А. ЮЕВ,**

*студент*

*(БГТУ «ВОЕНМЕХ»,*

*Санкт-Петербург)*

*urzig\_eastwood@mail.ru*

*Рассмотрены основные принципы разработки управляемого комбинированного накопителя электроэнергии. Описана постановка задачи, способы ее решения и основные функциональные особенности накопителя.*

**Накопитель электроэнергии, суперконденсатор, система управления, аккумулятор**

## **Development of a Combined Electric Power Storage Device**

A.I. TISHKOV, YU.V. KONOPLEV, I.V. SHEVTSOV, AND A.A. YUEV

*The base concepts of development of the controlled combined electric power storage device are considered. The research objective, methods of its solving and principal functional features of the storage device are described.*

**Electric power storage device, super capacitor, control system, battery**

**И.К. НАСЫРОВ,**  
д-р техн. наук,  
**В.В. АНДРЕЕВ,**  
канд. физ.-мат. наук  
(КГЭУ, Казань)  
nasyrovik@mail.ru

С целью разработки оптимального приемника псевдослучайных сигналов нелинейных динамических систем анализируются авто- и взаимно корреляционные функции псевдослучайных сигналов.

**Псевдослучайные сигналы, нелинейные динамические системы, метод максимального правдоподобия, стохастические дифференциальные уравнения, оптимальный приемник, взаимно корреляционные функции, система Лоренца**

## **About Optimal Reception of Pseudorandom Signals of Nonlinear Dynamic Systems**

I.K. NASYROV AND V.V. ANDREEV

*In order to develop an optimal receiver for pseudorandom signals of nonlinear dynamic systems, the auto- and cross-correlation functions of pseudorandom signals are analyzed.*

**Pseudorandom signals, nonlinear dynamic systems, maximum likelihood method, stochastic differential equations, optimal receiver, cross-correlation functions, Lorenz system**

**А.Ю. АФАНАСЬЕВ,**  
д-р техн. наук,  
**Н.А. БЕРЕЗОВ,**  
аспирант,  
**Н.А. РЫБУШКИН,**  
студент  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
afanasiev\_eo@mail.ru

Представлена конструкция и основные расчетные соотношения тягового электродвигателя с магнитным редуктором для привода несущего винта вертолета. Отмечены достоинства конструкции по объему и надежности.

**Вертолет, синхронный электродвигатель, многослойный решетчатый магнитопровод, постоянные магниты, магнитный редуктор**

## **Electric Drive with Magnetic Reduction of the Helicopter Main Rotor**

A.YU. AFANAS'EV, N.A. BEREZOV, AND N.A. RYBUSHKIN

*The design and main calculation relations are presented for the driving electric motor with magnetic gear box to drive the helicopter main rotor. The design advantages in terms of volume and reliability are noted.*

**Helicopter, synchronous electric motor, laminated lattice magnetic conductor, permanent magnets, magnetic gear box**

**А.С. ДЕМИДОВ,**  
д-р техн. наук  
(МАИ, Москва),  
**В.В. КАШЕЛКИН,**  
д-р техн. наук,  
**Е.А. КАПУСТИН**  
(АО «Красная Звезда»,  
Москва)  
demidov@mai.ru

Для свободно опертой балки из материала, каркасом которого являются углеродные волокна, с учетом закона Гука, гипотезы плоских сечений и уравнения равновесия сил определяются приведенный модуль Юнга, смещение нейтральной линии, моменты и напряжения. Предложенный подход был также реализован для расчета элемента оболочки коробчатого сечения, являющейся частью конструкции прямоточного воздушно-реактивного двигателя для высокоскоростных летательных аппаратов. Приведены численные примеры.

**Композитные материалы, коробчатые оболочки, различные свойства на растяжение и сжатие, смещение нейтральной линии**

## **Evaluation of the Stress State of a Box Shell Made from Material with Different Tensile and Compressive Properties**

A.S. DEMIDOV, V.V. KASHELKIN, AND E.A. KAPUSTIN

*The reduced elastic constant, the displacement of the neutral line, moments and stresses are determined for a freely supported beam made of the material with the carbon fiber frame, taking into account Hooke's law, the hypothesis of flat cross-sections, and the equation of equilibrium of forces. The proposed approach was also implemented to calculate the element of the box-section shell, which is part of the structure of the ramjet engine for high-speed aircraft. Numerical examples are given.*

**Composite materials, box shells, different tensile and compressive properties, displacement of the neutral line**

Приведены результаты исследований интегральных аэродинамических характеристик модели беспилотного летательного аппарата балансировочной схемы «летающее крыло». Вычислена зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки для различных способов балансировки и степеней продольной статической устойчивости. Показано, что выбор рационального сочетания отклонений аэродинамических органов управления позволяет увеличить балансировочный коэффициент подъемной силы на режимах взлета и посадки.

**А.А. КРИВОЩАПОВ**  
(ЦАГИ, Жуковский)  
alex5000.89@mail.ru

**Беспилотный летательный аппарат, аэродинамические характеристики, летающее крыло, аэродинамические органы управления, элевон, флаперон, механизация крыла, комбинированные органы управления**

## Experimental Studies of X-47B-type Unmanned Aerial Vehicle in TsAGI T-102 Wind Tunnel to Assess Effectiveness of Aerodynamic Controls in Longitudinal Channel

A.A. KRIVOSHCHAPOV

*The results are given on the experimental studies of integral aerodynamic characteristics of X-47B-type “flying wing” unmanned aerial vehicle model. The dependence of the lift coefficient on the angle of attack for different trimmings and static margin is evaluated. It is shown that rational combination of aerodynamic surface deflections allows increasing sufficiently the trimmed lift coefficient values for take-off and landing flight regimes.*

**Unmanned aerial vehicle, aerodynamic characteristics, flying wing, aerodynamic controls, elevon, flaperon, high-lift device, complex controls**

**А.Л. ТУКМАКОВ,**  
 д-р физ.-мат. наук,  
**Н.А. ТУКМАКОВА,**  
 аспирант  
 (КНИТУ-КАИ, Казань)  
 tukmakov@imm.knc.ru

*Рассмотрен метод и алгоритм, позволяющий диагностировать изменение динамического состояния системы на основе анализа эволюции оконной индикаторной функции числа состояний в дискретном фазовом пространстве. Построена модель двумерного фазового пространства, в котором введены дискретные состояния. Показано, что рост индикаторной функции происходит при смене динамического режима, приводящего к изменению текущего числа состояний системы. Отличительной особенностью метода является возможность построения на его основе обучаемой системы диагностики динамических режимов. В качестве примера на основе анализа акустического сигнала проанализирована смена типа динамического поведения системы с вращающимся валом, в которой при достижении критического числа оборотов возникают резонансные изгибные колебания.*

**Динамическая система, акустический сигнал, временная реализация, фазовое пространство, множество состояний, оконная функция числа состояний, смена динамического режима, изгибные колебания вала, резонанс, индикаторная функция**

## **Definition of the Generation Instants in Time of the Running Shaft Resonant Flexural Vibrations by Means of the Indicator Function of the Number of States of Dynamic System**

A.L. TUKMAKOV AND N.A. TUKMAKOVA

*The method and algorithm are considered that allow us to diagnose change of the system dynamic state on the basis of the analysis of evolution of the window indicator function of number of states in discrete phase space. The model of a two-dimensional phase space is constructed, in which discrete states are introduced, and it is shown that indicator function increases when changing the dynamic mode leading to change of the current number of system states. The method feature is the possibility to construct the taught system of dynamic mode diagnostics on its basis. As an example, on the basis of the acoustic signal analysis, a change of the dynamic behavior type of a system with the running shaft is analyzed, in which the resonant flexural fluctuations arise after attaining the critical speed.*

**Dynamic system, acoustic signal, time realization, phase space, set of states, window function of the number of states, change of the dynamic mode, flexural vibrations of a shaft, resonance, indicator function**