

**Д.В. КНЯЗЕВ,**  
канд. физ.-мат. наук  
(ИМСС УрО РАН, Пермь),  
**В.Н. РАЖИКОВ,**  
д-р техн. наук,  
**К.Н. ЩЕГЛОВ**  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова,  
Санкт-Петербург)  
VladNikRag@mail.ru

## **Анализ течения смазочной жидкости в электродвигателе герметичного насоса**

*Рассматривается стационарное течение вязкой смазочной жидкости в несимметричном зазоре между двумя несоосными цилиндрами подшипникового узла электродвигателя летательного аппарата. Приведено аналитическое решение задачи, основанное на применении метода малого параметра.*

**Подшипниковый узел, гидродинамическая теория смазки, аналитическое решение, разложение по малому параметру**

## **Analysis of a Lubrication Fluid Flow in the Leak-Proof Pump Electric Motor**

D.V. KNYAZEV, V.N. RAZHIKOV, AND K.N. SHCHEGLOV

*Steady-state flow of viscous lubrication fluid in the nonsymmetrical clearance between two out-of-line cylinders of the bearing unit in the aircraft electric motor is discussed. The task analytical solution based on the application of the perturbation theory is presented.*

**Bearing unit, hydrodynamic theory of lubrication, analytical solution, small parameter expansion**

## Многоразовая космическая транспортная система

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

*Представлена конструктивно-компоновочная схема многоразовой космической системы, состоящей из воздушно-космического трансформирующегося аппарата, выводимого на околоземную орбиту с помощью первой и второй ступеней. Рассмотрено несколько стартовых конфигураций воздушно-космического трансформирующегося аппарата с первой и второй ступенями.*

**Воздушно-космический трансформирующийся самолет, первая и вторая ступени, обслуживание международной космической станции, трансформация, спуск в атмосфере, обратная трансформация, вертикальная посадка**

## Reusable Space Transportation System

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

*We present a design lay-out diagram of the reusable space transportation system that consists of an aerospace transformed vehicle that is injected into an orbit by means of the first and second stages. Some starting configurations of such system with the first and second stages are considered.*

**Aerospace transformed vehicle, first and second stages, international space station services, transformation, atmospheric descent, reverse transformation, vertical landing**

## К определению формы и размеров законцовки крыла дозвукового пассажирского самолета

Представлены результаты численного моделирования обтекания модели фюзеляжа с крылом типового современного пассажирского самолета DLR-F4 до- и трансзвуковым сжимаемым потоком. На базе компьютерной модели DLR-F4 изучено влияние площади концевой шайбы и угла развала типовой законцовки Уиткомба. Построены зависимости приращения аэродинамического качества модели от относительной площади плоской концевой шайбы и от угла развала профилированной законцовки типа Уиткомба. Исследована концепция эллиптической законцовки, имеющей переменный угол развала и получившей применение на новом магистральном самолете Airbus A350. Приведена методика решения инженерной задачи многопараметрической оптимизации законцовки Уиткомба с критерием максимального аэродинамического качества крыла.

**Дж. ГУЕРЕШ,**  
аспирант,  
**С.А. ПОПОВ,**  
канд. физ.-мат. наук,  
**Ю.А. РЫЖОВ,**  
д-р техн. наук  
(МАИ, Москва)  
flowmech@mail.ru

Дозвуковой пассажирский самолет, законцовка Уиткомба, концевая аэродинамическая поверхность, индуктивное сопротивление

## Definition of Wingtip Devices Shape and Dimensions for a Subsonic Airliner

D. GUERAICHE, S.A. POPOV, AND YU.A. RYZHOV

*The results of flow field numerical simulation on the typical wing-body prototype of the modern airliner DLR-F4 under sub- and transonic compressible air flow are presented. Using the DLR-F4 CAD model, the effect of the wingtip end plate area and of the cant angle of a typical Whitcomb winglet is studied. The dependencies of the model lift-to-drag ratio increment on the flat wingtip end plate relative area and on the cant angle of an airfoil Whitcomb winglet are obtained. The concept of an elliptic winglet with a variable cant angle that similar to the winglet used on Airbus A350 was studied. A technique was developed for solving the multi-parameter design optimization task for the Whitcomb winglet, taking the maximum lift-to-drag ratio of the wing as a criterion for optimization.*

**Subsonic airliner, Whitcomb winglet, wingtip airfoil device, induced drag**

## Нелинейные параметры сопротивления разрушению для элементов авиационных конструкций при двухосном нагружении

**В.Н. ШЛЯННИКОВ,**  
д-р техн. наук  
(КазНЦ РАН, Казань;  
КНИТУ-КАИ, Казань),  
**А.П. ЗАХАРОВ,**  
канд. физ.-мат. наук  
(КазНЦ РАН, Казань),  
**А.В. ТУМАНОВ,**  
канд. техн. наук  
(КазНЦ РАН, Казань)  
alex.zakharov88@mail.ru

*Представлен пример практического приложения нелинейных параметров сопротивления деформированию и разрушению для оценки остаточной долговечности элементов авиационных конструкций с эксплуатационными повреждениями. Приведены результаты численных расчетов параметров, характеризующих упругопластическое состояние в области вершины трещины для панели фюзеляжа при различных видах двухосного нагружения. Рассмотрены два варианта моделирования области вершины трещины в панели со свойствами однородного изотропного материала и набором параметров когезионной зоны сцепления. Представлена оценка критических размеров трещины в панели фюзеляжа в зависимости от вида двухосного нагружения.*

**Пластический коэффициент интенсивности напряжений, двухосность нагружения, трещина, когезионная модель сцепления**

## Nonlinear Fracture Resistance Parameters for Fuselage Panel under Biaxial Loading

V.N. SHLYANNIKOV, A.P. ZAKHAROV, AND A.V. TUMANOV

*This study is concerned with practical application of nonlinear deformation and fracture resistance parameters for residual durability estimation of the fuselage elements with operation damage. By means of numerical calculations for the fragment of fuselage skin with central crack the governing parameters of the elastic-plastic crack-tip stress field are determined as a function of biaxial loading. Two variants of modeling of the crack-tip stress field were performed for the panel of homogeneous isotropic material and a set of the special cohesive elements. As a result the assessment of the biaxial loading influence of fracture damage zone state on crack tip stress field in fuselage panel is given.*

**Plastic factor of the stress intensity, biaxial loading, crack, cohesive model**

## Оценка эффективности использования электротермических микродвигателей в системе управления движением космического аппарата технологического назначения

**Г.П. АНШАКОВ,**  
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,  
**А.И. БЕЛОУСОВ,**  
д-р техн. наук,  
**А.В. СЕДЕЛЬНИКОВ,**  
д-р техн. наук,  
**А.С. ГОРОЖАНКИНА,**  
магистр  
(Самарский ун-т, Самара)  
aibelousov@mail.ru

*Проанализировано влияние различных систем управления орбитальным движением космического аппарата технологического назначения на уровень микроускорений его внутренней среды для оценки эффективности использования систем управления с различными исполнительными органами при реализации гравитационно-чувствительных процессов на борту космического аппарата.*

**Космический аппарат, уровень микроускорений, система управления, электротермический микродвигатель**

## Efficiency Estimation of Microwave Electrothermal Thrusters Use in the Control System of the Technological Spacecraft Motion

G.P. ANSHAKOV, A.I. BELOUSOV, A.V. SEDEL'NIKOV, AND A.S. GOROZHANKINA

*The influence of various control systems of the orbital motion of a technological spacecraft on the level of microacceleration of its internal environment is simulated. Conclusions are drawn about the effectiveness of control systems with different actuators for realization of certain gravitationally sensitive processes on board a spacecraft.*

**Spacecraft, microacceleration level, control system, microwave electrothermal thruster**

## О некомпланарном переходе второго типа между двумя круговыми орбитами

*Рассматривается двухимпульсный переход с низкой опорной орбиты на круговую орбиту с высотой менее 36000 км с изменением наклона на каждом маневре. Предложена приближенная формула, позволяющая аналитически рассчитывать оптимальную величину первой коррекции наклона, приведены данные по ее точности. На примерах показана эффективность использования оптимального некомпланарного перехода второго типа при запуске космических аппаратов на различные целевые орбиты с российских космодромов с учетом реальных трасс выведения.*

**Д.А. ГРИШКО,**  
**Б.О. ВАСИЛЬКОВ**  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
Москва)  
dim.gr@mail.ru

**Некомпланарный двухимпульсный переход, перелет Гомена, оптимальное изменение наклона, суммарная характеристическая скорость**

## On the Non-Coplanar Transfer of the Type II Between Two Circular Orbits

D.A. GRISHKO AND B.O. VASIL'KOV

*The paper regards two-impulse transfer from a low parking orbit into a circular orbit with the height less than 36 000 km, while the inclination correction is carried out with each maneuver. An approximate formula is proposed capable of evaluating analytically the optimal value of the first correction of inclination; the corresponding accuracy data are given. Examples are provided to show the operational efficiency of an optimal non-coplanar transfer of the type II with injections of satellites into various target orbits from Russian launch sites with due account of the available launch azimuths.*

**Non-coplanar two-impulse transfer, Hohmann transfer, optimal inclination correction, total characteristic velocity**

## **О влиянии интерференционного воздействия несущего винта на динамику старта беспилотного планирующего летательного аппарата**

*Построена математическая модель движения беспилотного планирующего летательного аппарата, учитывающая интерференционное воздействие несущего винта носителя на беспилотный планирующий летательный аппарат. Представлены расчетные значения интерференционных добавок к аэродинамическим коэффициентам сил и моментов на участке движения беспилотного планирующего летательного аппарата вблизи носителя. Решаются задачи стабилизации и управления, обеспечивающие устойчивость движения беспилотного планирующего летательного аппарата на участке старта с учетом явления аэродинамической интерференции и эффекта кратковременной работы разгонного двигателя, а также безопасное расстояние между носителем и беспилотным планирующим летательным аппаратом в процессе их совместного движения.*

**В.Т. ГРУМОНДЗ**,  
д-р физ.-мат. наук,  
**А.С. АЛЬБОКРИНОВА**  
(МАИ, Москва),  
**С.В. НОСКОВ**  
(ОКБ им. П.О. Сухого,  
Москва)  
v.grumondz@gmail.com

**Беспилотный планирующий летательный аппарат, математическая модель движения, интерференционное воздействие несущего винта, эксцентриситет тяги, запас по эксцентриситету, стабилизация, безопасность старта**

## **Influence of Interference Effects of the Rotor on the Launch Dynamics of Gliding Unmanned Aerial Vehicle**

V.T. GRUMONDZ, A.S. AL' BOKRINOVA, AND S.V. NOSKOV

*A mathematical model of the gliding unmanned aerial vehicle (UAV) motion is performed taking into account the interference effect of the main rotor on the UAV. Calculated values are presented for the interference addition to the aerodynamic coefficients of forces and moments on the UAV path section close to the carrier. The problems of stabilization and control are solved, providing stability of the UAV motion at the launch with due account of the aerodynamic interference and the effect of short-term upper stage engine operation, as well as a safe distance between the carrier and the UAV during their joint movement.*

**Gliding unmanned aerial vehicle, mathematical model of motion, interference effect of the main rotor, thrust eccentricity, critical angle of eccentricity, stabilization, safety of the launch**

## Управление траекторией летательного аппарата при полете по заданному маршруту на основе глобальной навигационной спутниковой системы

*Предложен алгоритм управления траекторией летательного аппарата на основе теории оптимального управления динамическими стохастическими системами. Показано, что реализация оптимального управления позволяет уменьшить отклонение управляемой траектории относительно заданной на основе оценивания фазовых координат с высокой точностью по данным глобальной навигационной спутниковой системы.*

**В.В. ЕРОХИН,**  
канд. техн. наук  
(Иркутский филиал МГТУ ГА,  
Иркутск)  
Ww\_erohin@mail.ru

**Свободная маршрутизация, траектория, навигация, оптимальное управление, фильтр Калмана**

## Aircraft Trajectory Control at the Motion on the Predetermined Route Based on the Global Navigation Satellite System

V.V. EROKHIN

*An algorithm to control the aircraft trajectory is proposed. This algorithm is based on the dynamic stochastic systems optimal control theory. The optimal control implementation is shown to reduce the deviation of the controlled trajectory from the predetermined one. The optimal control is based on estimating phase coordinates with the high accuracy by the global navigational satellite system.*

**Free routing, trajectory, navigation, optimal control, Kalman filter**



## Разработка алгоритмов интеграции и реконфигурации системы управления и интерфейсов

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

*Рассмотрена возможность интеграции алгоритмов системы управления и системы отображения информации для обеспечения точного и безопасного пилотирования высокоавтоматизированного самолета при малых максимальных скоростях отклонения рулевых поверхностей, а также в случае возникновения отказов, приводящих к их резкому уменьшению.*

**Система самолет – летчик, полуавтоматические системы управления, ручное управление, прогнозный дисплей**

## Development of Algorithms for Integration and Reconfiguration of the Flight Control System and Interfaces

A.V. EFREMOV, M.S. TYAGLIK, A.S. TYAGLIK, AND I.KH. IRGALEEV

*The integration potentiality is considered for the flight control system and interface algorithms to provide the flight accuracy and safety of highly augmented aircraft in the case of low maximum elevator rate limit and in the case of failures causing its sharp decrease.*

**Pilot-aircraft system, semiautomatic control, manual control, predictive display**

## Способ обеспечения достоверности результатов структурно-параметрической оптимизации «агрессивного» переходного канала двухконтурного турбореактивного двигателя

**К.А. ВИНОГРАДОВ,**  
канд. техн. наук  
(ОДК-Сатурн, Рыбинск),  
**А.Е. РЕМИЗОВ,**  
д-р техн. наук  
(РГАТУ им. П.А. Соловьева,  
Рыбинск),  
**О.В. ВИНОГРАДОВА,**  
канд. техн. наук  
(ОДК-Сатурн, Рыбинск)  
keryisdex@mail.ru

*Выполнена оценка границ применимости нового подхода к решению задачи оптимизации элементов проточной части газовых турбин с помощью методов структурного анализа и численного моделирования, который позволяет минимизировать расчеты, необходимые для решения задачи оптимизации. Полученные результаты подтверждены проведенным экспериментальным исследованием.*

**Переходный канал, оптимизация, структурный анализ, вычислительная газовая динамика**

## Reliability Providing Approach for Structurally-Parametrical Optimization Results of an “Aggressive” Intermediate Duct of the Bypass Gas Turbine Engine

K.A. VINOGRADOV, A.E. REMIZOV, AND O.V. VINOGRADOVA

*Limit assessment for the new optimization approach is carried out. This approach allows us to optimize the gas turbine flow-path elements by using the structural analysis and computational fluid dynamics methods, and to minimize the necessary number of CFD computations. Obtained results were verified and confirmed by experimental aerodynamic investigation.*

**Intermediate duct, optimization, structural analysis, computational fluid dynamics**

## К задаче минимизации трения на проницаемых поверхностях при сверхзвуковом режиме течения

Приведена вариационная задача о минимизации ньютоновского сопротивления трения, испытываемого профилем в сверхзвуковом потоке газа. Обнаружено новое условие для множителей Лагранжа на обтекаемом профиле, которое может быть использовано для построения оптимального закона управления вдувом в аналитическом виде. Показано, что для случая обтекания клиньев это управление является конечным в точке торможения потока, что важно с точки зрения практической реализации оптимального управления.

**К.Г. ГАРАЕВ,**

д-р физ.-мат. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань),

**И.Р. МУХАМЕТЗЯНОВ,**

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ,

филиал «Восток», Чистополь)

m.ilshat@mail.ru

**Сверхзвуковое обтекание, ламинарный пограничный слой, функционал, проницаемый профиль, оптимальный вдув**

## To the Problem of Friction Minimization on Permeable Surfaces at Supersonic Flow Rate

K.G. GARAEV AND I.R. MUKHAMETZYANOV

*In this paper, the variational problem of minimization of Newtonian friction resistance is considered, which the profile underwent in a supersonic gas flow. A new condition for Lagrange multipliers on the streamlined profile was found, which can be used to construct an optimal law for injection control in the analytical form. It is shown that for the case of wedges flow, this control is finite at the stagnation point that is important in terms of practical realization of the optimal control.*

**Supersonic flow, laminar boundary layer, functional, permeable profile, optimum injection**

## Расчетные исследования режимов висения и вертикального снижения несущего винта на базе нелинейной лопастной вихревой модели

**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)  
makeevpv@mail.ru

*Исследованы аэродинамические характеристики несущего винта вертолета Ми-8 на режимах висения и вертикального снижения, включая режимы вихревого кольца. Получены суммарные и распределенные аэродинамические характеристики, формы вихревого следа и картины обтекания винта. Проведено сравнение с экспериментальными данными и расчетами других авторов.*

**Несущий винт, нелинейная вихревая модель, висение, вертикальное снижение, режим вихревого кольца, аэродинамические характеристики**

## Computational Research of the Main Rotor Hover States and Vertical Descent States, Based on the Nonlinear Blade Vortex Model

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

*The research is conducted of aerodynamic performance of the Mi-8 helicopter main rotor in the hover state and the vertical descent state, including vortex ring states (VRSs). Total and distributed aerodynamic performance, wake patterns, and main rotor flow patterns are calculated. The findings and results were compared with those provided by other researchers.*

**Main rotor, nonlinear vortex model, hover, vertical descent, vortex ring state, aerodynamic performance**

## **Аэродинамические характеристики тонких цилиндрических и конических оболочек в несжимаемом потоке**

**В.Т. КАЛУГИН,**  
д-р техн. наук,  
**А.Ю. ЛУЦЕНКО,**  
канд. техн. наук,  
**Д.К. НАЗАРОВА,**  
аспирант  
(МГТУ, Москва)  
dknazarova@mail.ru

*Представлены аэродинамические характеристики тонких цилиндрических и конических оболочек в несжимаемом потоке. Проведено сравнение экспериментальных данных и результатов математического моделирования в пакете OpenFoam. Показано, что аэродинамические характеристики тонких оболочек отличаются от характеристик соответствующих сплошных тел и зависят от геометрических параметров оболочек.*

**Конические и цилиндрические оболочки, аэродинамические характеристики, отделяемые элементы, головной обтекатель, ракета-носитель, OpenFoam, несжимаемый поток, внутренняя полость**

## **Aerodynamic Characteristics of Thin Cylindrical and Conical Shells in the Incompressible Flow**

V.T. KALUGIN, A.YU. LUTSENKO, AND D.K. NAZAROVA

*The paper presents aerodynamic characteristics of thin cylindrical and conical shells in the incompressible flow. Comparison of experimental data and results of numerical simulation in the OpenFoam software is implemented. It is shown that the aerodynamic characteristics of the thin shells differ from the aerodynamic characteristics of the corresponding solid bodies and depend on the shell geometry parameters.*

**Conical and cylindrical shells, aerodynamic characteristics, detachable sections, payload fairing, launch vehicle, OpenFoam, incompressible flow, internal cavity**

## Математическая модель течения жидкой пленки переменной толщины на плоской поверхности в потоке вязкого газа

*Представлена математическая модель течения пленки на полуплоскости, расположенной под углом к горизонту. В поперечном сечении пленки принят квадратичный закон для распределения продольной скорости с учетом трения на поверхности пленки. Получено приближенное решение задачи в виде ряда по степеням малого параметра. Решение представлено в виде графиков толщины пленки и средней продольной скорости по длине пластины.*

**Н.И. КЛЮЕВ,  
К.А. ПОЛЯКОВ**  
(СамГТУ, Самара)  
polyakov.ka@samgtu.ru

**Пленка, жидкость, пограничный слой, течение, трение, малый параметр**

## Mathematical Model of the Flow of a Liquid Film of Variable Thickness on a Flat Surface in a Viscous Gas Flow

N.I. KLYUEV AND K.A. POLYAKOV

*Mathematical model of the flow of a film on a half-plane located at an angle to the horizon is presented. In the cross section of the film, a quadratic law for the longitudinal velocity distribution is adopted, taking into account friction on the film surface. An approximate solution of the problem in the form of a series in powers of the small parameter is obtained. The solution is presented in the form of graphs of the film thickness and the average longitudinal velocity along the length of the plate.*

**Film, liquid, boundary layer, flow, friction, small parameter**

**П.В. БУЛАТ,**  
д-р физ.-мат. наук,  
канд. экон. наук,

**М.П. БУЛАТ,**  
канд. техн. наук  
(БГТУ «Военмех»,  
Санкт-Петербург;  
Ун-т ИТМО,  
Санкт-Петербург)

**И.А. ВОЛОБУЕВ,**  
аспирант  
(Ун-т ИТМО,  
Санкт-Петербург),

**А.А. ЛЕВИХИН,**  
канд. техн. наук  
(БГТУ «Военмех»,  
Санкт-Петербург)  
volobuev\_ig@mail.ru

## **Расчетно-экспериментальное исследование лепесткового гибридного воздушного подшипника для авиационного газотурбинного двигателя**

*Выполнено сравнение несущей способности гибридных сегментных подшипников с различными системами канавок. В результате исследования установлено, что наилучшие характеристики имеет система с серповидной канавкой.*

**Численное моделирование, саморегулируемый радиальный газостатодинамический подшипник, устойчивое положение сегмента**

## **Numerical and Experimental Study of a Hybrid Foil Air Bearing for an Aircraft Gas Turbine Engine**

P.V. BULAT, M.P. BULAT, I.A. VOLOBUEV, AND A.A. LEVIKHIN

*The bearing capacity of hybrid segment bearings with different groove systems is compared. The research establishes that the system with a crescent groove has the best characteristics.*

**Numerical simulation, self-regulating radial foil bearing, stable segment position**

## Оценка работоспособности оболочки камеры сгорания многоразового жидкостного ракетного двигателя

**В.С. ЗАРУБИН,**  
д-р техн. наук,  
**В.Н. ЗИМИН,**  
д-р техн. наук,  
**Г.Н. КУВЫРКИН,**  
д-р техн. наук  
(МГТУ, Москва)  
Fn2@bmstu.ru

*В рамках упрощенной расчетной схемы биметаллической оболочки камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя многоразового действия проведен анализ нагружения связей между стенками оболочки и накопления неупругой деформации в материале внутренней стенки. Полученные результаты могут быть использованы при оценке предельного числа циклов работы двигателя.*

**Биметаллическая оболочка, неупругая деформация, кратковременная ползучесть**

## Estimation of the Combustion Chamber Shell Working Capacity for the Reusable Liquid-Propellant Rocket Engine

V.S. ZARUBIN, V.N. ZIMIN, AND G.N. KUVYRKIN

*On the base of the simplified analytical model for the bimetallic shell of the combustion chamber of the reusable liquid-propellant rocket engine, the analysis of the loading of connectors between the shell walls and the accumulation of inelastic deformations in the inner wall material was carried out. The obtained results can be used for evaluation of the maximal number of engine operation cycles.*

**Bimetallic shell, inelastic deformation, short-term creep**



## Исследование динамической нагруженности авиационных конических зубчатых передач

**А.В. СУСЛИН,**  
канд. техн. наук,

**К.К. ПИЛЛА,**  
аспирант

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

Проведены исследования динамической нагрузки колес с круговой линией зуба и прямо-зубых колес с коэффициентом перекрытия меньше двух ( $\epsilon_a < 2$ ) и больше двух ( $\epsilon_a > 2$ ). Показано преимущество прямозубых колес с  $\epsilon_a > 2$ .

**Коническая зубчатая передача, прочность, динамика, вибрация, долговечность**

## Study of Dynamic Loads of Aviation Bevel Gear Systems

A.V. SUSLIN AND C.K. PILLA

*This paper studies the dynamic loads of bevel gears with circular and straight teeth with the engagement factor less than two ( $\epsilon_a < 2$ ) and more than two ( $\epsilon_a > 2$ ). The advantages of the gears with straight teeth with  $\epsilon_a > 2$  are shown.*

**Bevel gear, strength, dynamics, vibration, fatigue life**

*А.Б. АГУЛЬНИК,*  
*д-р техн. наук,*  
*И.В. КРАВЧЕНКО,*  
*канд. техн. наук,*  
*А.А. ГОРБУНОВ,*  
*аспирант,*  
*А.А. НОВОСЕЛОВА,*  
*аспирант,*  
*А.П. СКЛЯРОВА,*  
*аспирант*  
*(МАИ, Москва)*  
agulnik201@mail.ru

## **Анализ влияния параметров отбора воздуха в третий контур на характеристики двигателя**

*Рассматривается трехконтурный авиационный двигатель с управляемым перепуском воздуха в третий контур. Исследуются характеристики двигателя методами математического моделирования. Определены значения перепусков воздуха в третий контур, при которых демонстрируется наилучшая экономичность двигателя на различных режимах работы.*

**Трехконтурный авиационный двигатель, математическое моделирование, управляемый перепуск воздуха, дроссельные характеристики**

## **Influence Analysis of the Second Bypass Air Bleed Parameters on the Engine Performance**

A.B. AGUL'NIK, I.V. KRAVCHENKO, A.A. GORBUNOV,  
A.A. NOVOSELOVA, AND A.P. SKLYAROVA

*This paper considers double bypass aircraft engine with controlled air bleed to the second bypass duct. Its performance is evaluated by mathematical modeling techniques. The second bypass air bleed amount is determined to provide the best engine efficiency at various operating modes.*

**Double bypass aircraft engine, mathematical modeling, controlled air bleed, throttle performance**

## **Перспективные импульсные плазменные двигатели и их применение в составе двигательных установок малых космических аппаратов**

**А.В. БОГАТЫЙ,**  
**Р.В. ЕЛЬНИКОВ,**  
канд. техн. наук,  
**И.П. НАЗАРЕНКО,**  
д-р техн. наук,  
**Г.А. ПОПОВ,**  
д-р техн. наук, академик РАН,

**С.А. СЕМЕНИХИН,**  
канд. техн. наук  
(МАИ, Москва)  
boga-alex@yandex.ru

*Представлены результаты исследований влияния конфигурации конденсаторного накопителя энергии на удельные характеристики перспективных современных двигательных установок на основе абляционных импульсных плазменных двигателей, предназначенных для выполнения конкретных задач в составе малых космических аппаратов с мощностью бортовой энергетики до 200 Вт.*

**Двигательная установка, абляционный импульсный плазменный двигатель, малый космический аппарат, управление движением, суммарный импульс тяги, поддержание орбиты**

## **Perspective Pulsed Plasma Thrusters and Their Application as a Part of Small Spacecraft Propulsion Systems**

A.V. BOGATYI, R.V. EL'NIKOV, I.P. NAZARENKO, G.A. POPOV, AND S.A. SEMENIKHIN

*The paper presents the research results of the effect of a capacitor energy storage device configuration on the specific characteristics of advanced modern propulsion systems based on the ablative pulsed plasma thrusters (APPT). These thrusters are designed to perform specific tasks within the small spacecrafts with the onboard power capacity up to 200 W.*

**Propulsion system, ablative pulsed plasma thruster, small spacecraft, motion control, total thrust pulse, orbit keeping**

## **3D-исследования конвективного и конвективно-пленочного охлаждения трактовых полок сопловых блоков турбины высокого давления**

**Ю.Г. ГОРЕЛОВ,**  
канд. техн. наук,  
**В.В. АНАНЬЕВ**  
(НПЦ газотурбостроения  
«Салют», Москва)  
Yury.Dina@gmail.com

*По результатам трехмерного сопряженного расчета в ANSYS CFX проведено сравнение эффективности охлаждения трактовых полок сопловых блоков турбины высокого давления с конвективным и конвективно-пленочным охлаждением.*

**Трактовая полка, эффективность охлаждения, сопловой блок, турбина высокого давления, газотурбинный двигатель**

## **3D Investigations of the High Pressure Turbine Vane Platform Convection Cooling and Convection-Film Cooling**

YU.G. GORELOV AND V.V. ANAN'EV

*3D ANSYS CFX conjugate calculation was carried out to compare cooling effectiveness of the high pressure turbine vane platforms with the film cooling and the convective-film cooling.*

**Vane platform, cooling effectiveness, set of nozzles, high pressure turbine, gas turbine engine**

**В.М. ЮСЕФ,**  
аспирант,  
**В.А. СЫЧЕНКОВ,**  
канд. техн. наук,  
**Н.В. ДАВЫДОВ,**  
аспирант,  
**Ю.Б. АЛЕКСАНДРОВ,**  
канд. хим. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
wyasen@mail.ru

## Анализ газодинамики и горения в малоразмерной петлевой камере сгорания

Приводятся результаты расчета по реакторной модели, численное моделирование в программном комплексе ANSYS Fluent и результаты исследования структуры течения и выгорания топлива в петлевой камере сгорания с целью создания методики для дальнейшей доводки процесса горения в камере сгорания.

**Петлевая камера сгорания, расчетная сетка, реакторная модель, коэффициент избытка воздуха, поля температуры, полнота сгорания топлива**

## Analysis of Gas Dynamics and Combustion in a Small Reverse-Flow Combustion Chamber

Y 00[ QWUGH'X0C0U[ EJ GPMQX.'P K0F CX[ F QX.'CPF '[ WD0CNGMUCPFTQX

*This paper presents calculation results by reactor model, numerical simulations on ANSYS Fluent CFD software, and results of the flow structure and the burn-up fuel research in the reverse-flow combustion chamber. These results are intended to create a methodology for further refinement of a combustion process in a combustion chamber.*

**Reverse-flow combustion chamber, computational grid, reactor model, excess air coefficient, temperature fields, completeness of fuel combustion**

## **Анализ и обеспечение динамической точности системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником потока**

**В.М. СОЛДАТКИН,**  
д-р техн. наук,  
**В.В. СОЛДАТКИН,**  
д-р техн. наук,  
**А.В. НИКИТИН,**  
канд. техн. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
**В.Ю. КОРНИЛОВ,**  
д-р техн. наук  
(КГЭУ, Казань)  
w-soldatkin@mail.ru

*Приведены функциональная схема и алгоритмы вычисления высотно-скоростных параметров, модели динамических погрешностей и методы обеспечения точности измерительных каналов системы на основе ионно-меточного датчика первичной информации при детерминированных и случайных воздействиях.*

**Самолет, воздушные сигналы, измерение, система, неподвижный невыступающий приемник потока, функциональная схема, динамические погрешности, модели, методы уменьшения**

## **Analysis and Ensuring the Dynamic Accuracy of the Aircraft Air Data System with a Stationary Flush-Mounted Flow Receiver**

V.M. SOLDATKIN, V.V. SOLDATKIN, A.V. NIKITIN, AND V.YU. KORNILOV

*The functional diagram and algorithms for computing the altitude-speed parameters, the models of dynamic errors, and methods to ensure the accuracy of the system measuring channels based of the ion-mark sensor of primary information under deterministic and random influences are presented.*

**Aircraft, air data signals, measurement, system, stationary flush-mounted flow receiver, functional diagram, dynamic errors, models, reduction methods**

## Динамическое одностороннее тепловое сканирование композитных обтекателей летательных аппаратов

**А.В. РЯЖСКИХ,**  
канд. физ.-мат. наук  
(ВГТУ, Воронеж),

**Н.П. ЗАЕЦ,**

**И.А. ЧИЖОВ,**

канд. техн. наук  
(ВУНЦ ВВС «ВВА»),  
Воронеж),

**О.А. СЕМИНИХИН,**

канд. техн. наук  
(ВГТУ, Воронеж)

ryazhskihav@bk.ru

*Проведен теоретический и экспериментальный анализ динамического одностороннего теплового сканирования композитных обтекателей летательных аппаратов при кратковременном конвективном нагреве. В основу модели теплового контраста положено представление о механизме молекулярной теплопроводности с обоснованием редукации постановки от 2D-формата к 1D-формату и введением «эффективного» коэффициента теплоотдачи от подогревающего конвективного источника к поверхности обтекателя. Результаты расчетов показали качественную адекватность такого подхода, а натурные эксперименты для носового обтекателя МИГ-29 подтвердили количественно его корректность. Сделан вывод о реализуемости метода теплового сканирования обтекателей воздушных судов для идентификации каверн расслоения.*

**Тепловое сканирование, обтекатель, нагрев, охлаждение, каверна расслоения, коэффициент теплоотдачи**

## Dynamic Single-Sided Thermal Scanning of Aircraft Composite Fairings

A.V. RYAZHSHKIKH, N.P. ZAETS, I.A. CHIZHOV, AND O.A SEMINIKHIN

*A theoretical and experimental analysis of the dynamic one-sided thermal scanning of aircraft composite fairings during short-time convective heating is carried out. The model of thermal contrast based on the concept of the mechanism of molecular heat conductivity with rationalization of reducing statement from 2D to 1D format is given, and an “effective” heat transfer coefficient from the heated convective source to the fairing surface is introduced. The calculation results shows the qualitative sufficiency of this approach, and the full-scale experiments for the nose fairing of the MIG-29 aircraft confirmed its correctness quantitatively. The conclusions are drawn on the feasibility of the thermal scanning method of aircraft fairings for identifying delamination cavities.*

**Thermal scanning, fairing, heating, cooling, delamination cavity, heat transfer coefficient**

**С.А. САМИПУР,**  
*аспирант,*  
**В.В. БАТРАКОВ,**  
*канд. техн. наук,*  
**Д.Ю. КОНСТАНТИНОВ**  
*(КНИТУ-КАИ, Казань)*  
samipour@mail.ru

## **Разработка методики удаления пористости конструкций из композиционных материалов при ограниченном автоклавном давлении**

*Изучаются проблемы пористости при изготовлении авиационных агрегатов методом автоклавного формования при ограниченном давлении формования.*

**Композиционный материал, пористость, автоклавное формование, математическое моделирование**

## **Development of a Technique to Reduce Porosity in Composite Structures at the Limited Autoclave Pressure**

S.A. SAMIPUR, V.V. BATRAKOV, AND D.YU. KONSTANTINOV

*This paper studies porosity issues that appear, when aircraft parts are manufactured using autoclave molding at the limited pressure.*

**Composite material, porosity, autoclave molding, mathematical modeling**



**Анализ эффективности применения EM-алгоритма совместно с алгоритмами определения оптимального числа кластеров и их центроидов для оценки параметров негауссовой помехи в системах связи с подвижными объектами**

**Р.Р. ФАЙЗУЛЛИН,**  
д-р техн. наук,  
**С.Т. ЯУШЕВ,**  
аспирант,  
**А.Ю. ИНСАРОВ,**  
**Р.Ф. ЗАРИПОВ,**  
аспирант,  
**М.М. ФАТЫХОВ,**  
аспирант  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
yaushev.st@mail.ru

*В качестве алгоритмов определения оптимального числа кластеров использованы алгоритмы Method Elbow и Average Silhouette. Предложен смещенный, адаптивный к числу компонент EM-алгоритм, позволяющий увеличить точность полигауссовой аппроксимации вероятностной смеси, определяющей вероятностную структуру распределения помехи. Посредством математического моделирования для заданного диапазона варьируемых параметров получены зависимости среднего количества циклов адаптации и расстояния Кульбака – Лейблера в зависимости от числа компонент в исходной полигауссовой смеси. Выполнен сравнительный анализ результатов моделирования EM-алгоритма в различных его вариациях.*

**Кластерный анализ, EM-алгоритм, алгоритмы определения оптимального числа кластеров, негауссовые помехи**

**Performance Analysis of the EM-Algorithm in Conjunction with Algorithms for Determining an Optimal Number of Clusters and Their Centroids, Which Allows Estimating Parameters of Non-Gaussian Interference in Mobile Communication Systems**

R.R. FAIZULLIN, S.T. YAUSHEV, A.YU. INSAROV, R.F. ZARIPOV,  
AND M.M. FATYKHOV

*In this article, the Elbow method and the average silhouette algorithm are used for determining an optimal number of clusters. A “shifted” EM-algorithm adapted to the number of clusters is put forward, which allows increasing accuracy of the Gaussian mixture distribution approximation that determines the probabilistic structure of the interference distribution. Dependencies of an average number of cycles and the Kullback–Leibler divergence on a number of clusters in an initial mixture are obtained via mathematical modeling with a preset range of parameters. A comparative analysis of the EM-algorithm results is carried out.*

**Cluster analysis, EM-algorithm, algorithms of determining an optimal number of clusters, non-Gaussian interference**

## Датчик угла поворота для быстродействующего сканатора лазерного излучения

**М.Р. ГИЛЯЗОВ,**  
**К.Ю. НАГУЛИН,**  
д-р техн. наук,  
**А.Х. ГИЛЬМУТДИНОВ,**  
д-р физ.-мат. наук  
(КНИТУ-КАИ, Казань)  
mrgilyazov@kai.ru

*Рассмотрен емкостной датчик угла поворота ротора гальвосканатора. Разработан быстродействующий датчик угла поворота в диапазоне  $\pm 20^\circ$  для скоростей сканирования до 20 кГц. В указанном диапазоне достигнута линейная зависимость сигнала электрической емкости датчика от угла поворота его оси.*

**Датчик угла поворота, гальвосканатор**

## Angle Sensor for a High-Speed Galvo Scanner

M.R. GILYAZOV, K.YU. NAGULIN, AND A.KH. GIL'MUTDINOV

*The capacitive angle sensor of the galvanometer scanner is designed. The task of developing a rotation angle sensor in the range of  $\pm 20$  deg for scanning speeds of up to 20 kHz is being solved. The linear dependence of the change in capacitance on the angle in the considered range is achieved.*

**Angle sensor, galvo scanner**

## Совершенствование технологии круговой электрохимической обработки лопаток компрессоров

**В.А. ПОЛЕТАЕВ,**

д-р техн. наук  
(РГАТУ, Рыбинск),

**А.А. ОРЛОВ,**

канд. техн. наук  
(ОДК – Сатурн, Рыбинск)  
alex.orlov@uec-saturn.ru

*Представлен новый способ электрохимической обработки лопаток компрессора. Описаны циклограммы круговой электрохимической обработки, содержащие различные способы подачи электродов.*

**Лопатки компрессора, электрохимическая обработка, электролиз, анодное растворение, циклограмма импульсной и непрерывной подачи электродов**

## Improving the Technology of the Circular Electrochemical Processing of Compressor Blades

V.A. POLETAEV AND A.A. ORLOV

*The new method of the electrochemical processing of compressor blades is presented. The paper describes sequence diagrams of the electrochemical processing, which contain different methods of the electrode feed.*

**Compressor blades, electrochemical processing, electrolysis, anodic dissolution, sequence diagram of pulse and continuous electrode feed**