

К расчету параметров изготовления несущих поверхностей наддувом

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

Предлагается постановка и методика решения нового класса задач для расчета технологических параметров изготовления надувных несущих поверхностей летательных аппаратов. Построение методики основано на зависимостях динамики взаимодействия растяжимой ткани с внутренним давлением в полости крыла. В модели учитывается неуравновешенность сил давления и натяжения в поверхности оболочки, инициирующей ее высокочастотное колебание. Выявлено, что полученные алгоритмы позволяют прогнозировать и корректировать форму профиля крыла в соответствии с рекомендациями аэродинамики.

Надувное крыло, технология изготовления, мягкая оболочка, расчет формы крыла

Calculation of Parameters for Manufacturing the Bearing Surfaces by Pressurization

R.SH. GIMADIEV¹, V.I. KHALIULIN², AND N.V. LEVSHONKOV²

¹ Kazan State Power Engineering University, Kazan

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The statement and the technique of solving a new class of problems for calculating the process parameters of the manufacture of inflatable bearing surfaces of aircraft are proposed. The technique development is based on dependencies of interaction dynamics of the stretchable fabric with internal pressure in the wing cavity. The model takes into account the imbalance of the pressure and tension forces in the shell surface that initiate its high-frequency oscillation. The algorithms obtained allow predicting and then correcting the shape of the wing profile in accordance with the aerodynamics guidelines.

Inflatable wing, manufacturing technology, soft shell, wing shape calculation

Прецизионное управление шестистепенным механизмом с параллельной кинематикой космического назначения на основе компенсации кинематических и температурных ошибок

С.А. МАТВЕЕВ,
канд. техн. наук,
Е.Б. КОРОТКОВ,
канд. техн. наук,
Н.С. СЛОБОДЗЯН,
Ю.А. ЖУКОВ,
А.А. КИСЕЛЕВ
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург)
kis.lecha@yandex.ru

Целью данной работы является определение путей повышения точности механизмов с параллельной кинематикой космического назначения. Приведены источники ошибок позиционирования и ориентации механизма, предложены методы компенсации кинематической и температурной погрешностей линейных приводов и элементов механизма.

Платформа Гью – Стюарта, гексапод, механизм с параллельной кинематикой, расширенная задача кинематики, линейный привод, компенсация, шариковинтовая передача, линейное тепловое расширение, калибровка

Precision Control of the 6-DOF Parallel Kinematic Mechanism of Space Application Based on Compensation of Kinematic and Temperature Errors

S.A. MATVEEV, E.B. KOROTKOV, N.S. SLOBODZYAN,
YU.A. ZHUKOV, AND A.A. KISELEV

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

The paper introduces the ways to improve the control accuracy of the parallel kinematic mechanisms of space application. The sources of the errors in positioning and orientation of the developed mechanism are given. The ways are suggested for compensating the kinematic and temperature errors of linear drives and mechanism members.

Gough–Stewart platform, hexapod, parallel kinematic mechanism, extended kinematics problem, linear drive, compensation, ball screw, linear thermal expansion, calibration

А.В. МИЩЕНКО,
д-р техн. наук
(НГАСУ (Сибстрин),
Новосибирск),

Ю.В. НЕМИРОВСКИЙ,
д-р физ.-мат. наук
(ИТПМ
им. С.А. Христиановича
СО РАН, Новосибирск)
mavr59@ngs.ru

Длительная прочность и жесткость структурно-неоднородных лопаток газотурбинных двигателей

Рассматривается способ построения решения задачи длительной прочности и жесткости лопаток газотурбинных двигателей, находящихся в условиях термосилового нагружения. Решение строится на основе трехкомпонентной модели длительного деформирования.

Длительная прочность, структурная неоднородность, ползучесть

Long-Term Strength and Rigidity of Structurally Heterogeneous Gas Turbine Engine Blades

A.V. MISHCHENKO¹ AND YU.V. NEMIROVSKI²

¹ Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk

² S.A. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

A method for constructing a solution to the problem of long-term strength and rigidity of gas turbine engine blades under thermomechanical load is considered. The solution is based on a three-component model of long-term deformation.

Long-term strength, structural heterogeneity, creep

Исследование точности стандарта испытаний ASTM E756-05 по определению демпфирующих свойств материалов при растяжении-сжатии

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),
В.А. КОСТИН,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
Р.Ш. ГИМАДИЕВ,
д-р техн. наук
(КГЭУ, Казань)
vafirsov_49@mail.ru

Обсуждаются особенности идентификации демпфирующих свойств вязкоупругих материалов, обусловленные их зависимостью от большого числа факторов внешнего воздействия. Анализируются основные положения международного стандарта по экспериментальному методу определения демпфирующих свойств вязкоупругих материалов в условиях циклического растяжения-сжатия. Построена уточненная конечно-элементная модель динамического поведения балки Оберста с демпфирующим слоем вязкоупругого материала с учетом поперечного сдвига и обжатия. Осуществлен численный анализ погрешности определения демпфирующих свойств вязкоупругого материала при растяжении-сжатии, обусловленной учетом возникающих в слое испытываемого материала деформаций поперечного сдвига и обжатия.

Вязкоупругий материал, демпфирующие свойства, частота колебаний, балка Оберста, конечно-элементная модель, поперечный сдвиг и обжатие

An Investigation into the Test Standard ASTM E756-05 Accuracy on Determining the Damping Properties of Materials in Tension–Compression

V.N. PAIMUSHIN^{1,2}, V.A. FIRSOV¹, V.M. SHISHKIN³,
V.A. KOSTIN¹, AND R.SH. GIMADIEV⁴

¹ Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

² Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

³ Vyatka State University, Kirov

⁴ Kazan State Power Engineering University, Kazan

The features of identifying the damping properties of viscoelastic materials due to their dependence on a large number of external factors are discussed. The main provisions of the international standard on the experimental method for determining the damping properties of viscoelastic materials under cyclic tension–compression are analyzed. A refined finite element model of the dynamic behavior of the Oberst beam with a damping layer of a viscoelastic material is constructed taking into account the transverse shear and compression. A numerical analysis of the error in determining the damping properties of a viscoelastic material under tension–compression is carried out. This error of determination is due to the neglect of transverse shear and compression strains arising in the layer of the material under test.

Viscoelastic material, damping properties, oscillation frequency, Oberst beam, finite element model, transverse shear and compression

Н.А. ПРОТАСОВА,
канд. техн. наук
(ООО «АХТЗ», Казань),
Н.П. ВЕЛИКАНОВА,
д-р техн. наук,
П.Г. ВЕЛИКАНОВ,
канд. физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
А.А. АХМАДЕЕВ
(ОАО «КМПО», Казань),
И.Ш.С. САЛИХ,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
nprotasova@bk.ru

Закономерности снижения значений прочностных характеристик материала дисков турбины двигателей газоперекачивающих агрегатов после различных сроков эксплуатации

Выполнен анализ исходного уровня и динамики изменения механических характеристик сплава ЭИ698-ВД в зависимости от длительности эксплуатации дисков турбины высокого давления двигателей семейства НК, работающих в составе газоперекачивающих агрегатов.

Статистический анализ механических свойств, диски турбины газоперекачивающих агрегатов

Behavior of Operational Depletion of Strength Characteristics of Gas Pumping Unit Turbine Disk Materials for Different Lifetime

N.A. PROTASOVA¹, N.P. VELIKANOVA², P.G. VELIKANOV²,
A.A. AKHMADEEV³, AND I.SH.S. SALIH²

¹ ООО AtomKhimTekhZashchita (AKhTZ), Kazan

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

³ Kazan Motor Building Association (KMPO), Kazan

The analysis of the initial level and kinetics of the mechanical characteristics depletion of the EI698-VD alloy was performed depending on the lifetime of the NK-family turbofan disks operating as a part of gas pumping units.

Statistical analysis of mechanical properties, turbine disks of gas pumping units

Алгоритм мониторинга взлета самолета с прогнозированием

В.И. ГАРКУШЕНКО,
канд. техн. наук,
П.А. ЛАЗАРЕВА,
канд. физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
vigark@yandex.ru

Предложен алгоритм контроля взлета, позволяющий прогнозировать темп разбега самолета и распознавать опасные ситуации, требующие прерывания взлета. Алгоритм основан на совместном применении полиномиальной аппроксимации зависимости скорости разбега от времени и CUSUM-теста для обнаружения резких изменений динамики самолета. Проведено математическое моделирование работы алгоритма с использованием модели легкого самолета.

Контроль взлета, прогнозирование, скорость принятия решения

Takeoff Monitoring Algorithm with Prediction

V.I. GARKUSHENKO AND P.A. LAZAREVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

A takeoff-monitoring algorithm is proposed that allows predicting the rate of an aircraft takeoff run and recognizing emergency situations that require a rejected takeoff. The algorithm is based on combined use of a polynomial approximation of the dependence of the takeoff speed on time and the CUSUM test to detect abrupt changes in the aircraft dynamics. Mathematical modeling of the algorithm is presented using a model of a lightweight aircraft.

Takeoff monitoring, prediction, decision speed

Управление на скользящих режимах при неинвариантности к возмущениям в системах с нелинейными объектами

Цель работы заключается в повышении качества переходных процессов в скольжении, неинвариантном к неопределенным ограниченным возмущениям. Действие возмущений компенсируется особым формированием многообразия скольжения с приведением координат состояния к нулевым значениям с конечной скоростью. Решения перечисленных задач рассматриваются для случая равенства размерности системы n удвоенной размерности m вектора управления, $n = 2m$. Предлагаются методы регулирования установившихся колебаний управления и уменьшения и минимизации его энергетических затрат.

Г.Л. ДЕГТЯРЕВ,
д-р техн. наук,
А.С. МЕЩАНОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
mas41@list.ru

Нелинейность, возмущения, неопределенность, невыполнение инвариантности, скользящий режим, заданное качество процессов

Sliding Mode Control with Noninvariance to Disturbances in Systems with Nonlinear Objects

G.L. DEGTYAREV AND A.S. MESHCHANOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The study is intended to improve the quality of transients in sliding that is noninvariant to indefinite bounded disturbances. The action of disturbances is compensated by a special formation of a sliding manifold with the state coordinates reduced to zero values with a finite speed. The solutions of the listed problems are considered for the case of equality of the system dimension n to the doubled dimension m of the control vector, $n = 2m$. We propose the methods for regulating the steady-state control fluctuations and reducing and minimizing its energy costs.

Nonlinearity, perturbations, uncertainty, noncompliance with invariance, sliding mode, specified quality of processes

Методика оценки рисков человеческого фактора из-за ошибок летчика в процессе пилотирования авиационной техники

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

Анализируются типы событий летных происшествий, их причины и статистика авиакатастроф на разных этапах полета. Исследованием разбросов субъективной оценки летчика при пилотировании устанавливается закон распределения ее вероятности, а также возможность использования данного закона для оценки риска возникновения летных происшествий. Рассмотрена методика оценки риска возникновения происшествия при ручном управлении в нестационарных условиях, связанных с резким изменением динамики объекта управления.

Ошибка летчика, летные происшествия, шкала Купера – Харпера, вероятность распределения, оценка летчика

Methodology for Assessing the Risks of the Human Factor due to Pilot Errors in the Process of Piloting an Aircraft

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

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

This paper analyzes the types of flight accident events, their causes and statistics on accidents at different stages of flight. By studying the subjective pilot rating, the law of its probability distribution was established as well as the possibility of using this law to assess the risk of accidents. The methodology for assessing the risk of an accident during manual control in nonstationary conditions associated with a sharp change in the controlled element dynamics is considered.

Pilot error, flight accident, Cooper–Harper rating scale, distribution probability, pilot rating

Управление по выходу спектром продольного движения одновинтового вертолета

Н.Е. ЗУБОВ,

д-р техн. наук

В.Н. РЯБЧЕНКО,

д-р техн. наук

(МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Москва),

И.В. СОРОКИН,

д-р техн. наук

(ПАО РКК «Энергия»,

Королёв)

nezubov@bmstu.ru

Аналитически решена задача стабилизации продольного движения одновинтового вертолета при отсутствии информации о вертикальной скорости его движения. В основу решения положен метод синтеза управления по выходу спектром движения МИМО-системы, базирующийся на специально организованной многоуровневой декомпозиции модели динамической системы в пространстве состояний. Приведены результаты численного моделирования.

Модальный регулятор, одновинтовой вертолет, продольное движение, управление по выходу

Output Control of the Longitudinal Motion Spectrum of a Single-Rotor Helicopter

N.E. ZUBOV¹, V.N. RYABCHENKO¹, AND I.V. SOROKIN²

¹ Bauman Moscow State Technical University, Moscow

² Korolev Rocket and Space Corporation Energiya, Korolev

The problem is analytically solved of synthesis of the longitudinal motion stabilization law of a single-rotor helicopter at the lack of information about the vertical speed of its motion. The solution is based on the method of output control synthesis of the MIMO-system motion spectrum to be used as a basis of an especially designed multilevel decomposition of the dynamic system model in the state space. The results of numerical simulation are presented.

Modal controller, single-rotor helicopter, longitudinal motion, output control

Аналитическая аппроксимация траекторий полета летательных аппаратов на эллипсоиде

С.В. СОКОЛОВ,
д-р техн. наук
(МТУСИ, Москва),
П.А. КУЧЕРЕНКО,
канд. техн. наук
(РГУПС, Ростов-на-Дону)
pavelpost83@mail.ru

Решена задача аналитической аппроксимации функциональных зависимостей навигационных параметров летательных аппаратов, траектории полета которых являются геодезическими линиями эллипсоида или сферическими ортодромиями. Полученные функциональные зависимости позволяют существенно сократить приборный состав измерительно-навигационного комплекса летательного аппарата и вычислительные затраты при решении задач полетной навигации.

Аппроксимация траектории полета, ортодромическая траектория, эллипсоид

Analytical Approximation of Aircraft Flight Path on Ellipsoid

S.V. SOKOLOV¹ AND P.A. KUCHERENKO²

¹ Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow

² Rostov State Transport University, Rostov-on-Don

The problem of analytical approximation is solved for the functional dependences of navigation parameters of aircraft, the flight paths of which are the geodetic lines of an ellipsoid or spherical orthodromic lines. The obtained functional dependences make it possible to significantly reduce the instrumentation of the measuring and navigation system of the aircraft and the computational costs in solving flight navigation problems.

Flight path approximation, orthodromic path, ellipsoid

**Модель смешения потоков жидкости и газа
в двухфазном струйном аппарате (принцип
суперпозиции при исследовании
двухфазных сред)**

Предложена модель течения двухфазной среды (на примере двухфазного жидкостно-газового струйного аппарата), рассматривающая раздельное течение сред и суперпозицию течения с учетом их взаимного влияния. Проведено сравнение предложенной модели с экспериментом.

А.В. ЕФИМОВ
(ФГУП «ЦИАМ

им. П.И. Баранова», Москва)
krylat@mail.ru

Двухфазные среды, струйные аппараты, двухфазный эжектор, принцип суперпозиции

**Model of Liquid and Gas Flow Mixing in a Two-Phase
Jet Device (the Concept of Superposition in Investigation
of Two-Phase Fluids)**

A.V. EFIMOV

Baranov Central Institute of Aviation Motor Development (TsIAM), Moscow

A model for two-phase flow is proposed using a two-phase liquid-gas jet device as an example. The proposed model analyzes a separate flow of fluids and superposition of flows with account of their mutual influence. A comparison with test results is presented.

Two-phase fluid, jet device, two-phase ejector, superposition principle

А.В. ИЛЬИНКОВ,
канд. техн. наук,
А.В. ЩУКИН,
д-р техн. наук,
В.В. ТАКМОВЦЕВ,
канд. техн. наук,
И.И. ХАБИБУЛЛИН,
канд. техн. наук,
И.Ш. ЗАРИПОВ,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
a.v.shchukin@rambler.ru

О повышении интенсивности крупномасштабных вихревых структур в диффузорных выемках

Рассмотрены возможности дополнительного повышения интенсивности самоорганизующихся крупномасштабных вихревых структур в диффузорных выемках для интенсификации теплообмена в охлаждаемых турбинных лопатках. Найдены условия, позволяющие сформировать протяженный диффузорный участок в возвратном течении выемки.

Интенсификация охлаждения, диффузорная выемка, угол установки выемки, диффузорный участок возвратного течения, охлаждаемая турбинная лопатка

Increasing the Strength of Large-Scale Vortical Structures in Diffuser Dimples

A.V. IL'INKOV, A.V. SHCHUKIN, V.V. TAKMOVTSEV,
I.I. KHABIBULLIN, AND I.SH. ZARIPOV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper elaborates on promoting the strength of self-organizing large-scale vortical structures in diffuser dimples aimed at heat transfer enhancement in cooled turbine blades. Conditions under which the extended diffuser length is formed in the reverse flow inside the dimple are revealed.

Cooling enhancement, diffuser dimple, angle to the flow, diffuser length of reverse flow, cooled turbine blade

Аэродинамическое проектирование воздушного винта перспективного винтокрылого летательного аппарата

В.И. ШАЙДАКОВ,

д-р техн. наук,

Ю.М. ИГНАТКИН,

канд. техн. наук,

А.И. ШОМОВ,

канд. техн. наук,

П.В. МАКЕЕВ,

канд. техн. наук

(МАИ, Москва)

shomov_aleksandr@mail.ru

Представлена методика аэродинамического проектирования воздушного винта винтокрылого летательного аппарата вертикального взлета и посадки, основанная на комплексном использовании дисковой и лопастной вихревых теорий. Сформирован программный комплекс, позволяющий выбирать параметры, создавать 3D-модель и рассчитать аэродинамические характеристики воздушного винта в полуавтоматическом режиме.

Аэродинамическое проектирование, воздушный винт, винтокрылый летательный аппарат, дисковая вихревая теория, лопастная вихревая теория, 3D-модель, программный комплекс

Aerodynamic Design of Pusher Propeller for a Promising Rotorcraft

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

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

A method based on the complex application of the actuator disk and finite-blade vortex theories is presented for aerodynamic design of the pusher propeller of a promising rotorcraft for vertical takeoff and landing. The software package has been created that allows us to select the propeller parameters, create its 3D model and calculate aerodynamic characteristics in semi-automatic mode.

Aerodynamic design, pusher propeller, rotorcraft, actuator disk vortex theory, finite-blade vortex theory, 3D model, software package

**Влияние радиуса криволинейного и длины
прямолинейного участков камеры смешения
на характеристику эжектора**

С.С. КАРТАС,
аспирант,

В.И. ПАНЧЕНКО,
канд. техн. наук,

Ю.Б. АЛЕКСАНДРОВ,
канд. хим. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань)

alexwischen@rambler.ru

Приведены результаты расчетов для эжекторов с криволинейным и последующим прямолинейным участками камеры смешения. Дано обоснование выбора радиуса кривизны криволинейного и длины прямолинейного участков камеры смешения. Исследовано влияние отрыва потока в камере смешения на работу эжектора.

Эжектор, камера смешения, криволинейный и прямолинейный участки

**Curvilinear Section Radius and Rectilinear Section
Length of the Mixing Chamber and Their Influence
on the Ejector Characteristics**

S.S. KARTAS, V.I. PANCHENKO, AND YU.B. ALEKSANDROV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper presents the calculation results for ejectors with curvilinear and subsequent rectilinear sections of a mixing chamber. The reasons for choosing the curvature radius of a curvilinear section and the length of a rectilinear section in the mixing chamber are given. The effect of the flow separation in the mixing chamber on the ejector operation is analyzed.

Ejector, mixing chamber, curvilinear and rectilinear sections

Оптимизация числа, распределения работ по ступеням и густот решеток профилей при проектировании компрессора

Рассматривается метод выбора оптимального числа и распределения работ по ступеням компрессора (исходя из обеспечения одинакового коэффициента восстановления в ступенях и лопаточных венцах). Предложен метод выбора густот решеток профилей. Подтверждена эффективность метода на примере выбора оптимального числа (трех) ступеней и распределения работ в компрессоре низкого давления с заданными степенью повышения давления и окружной скоростью.

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

Газотурбинный двигатель, компрессор, ступени, степень повышения давления, коэффициент полезного действия, запас газодинамической устойчивости, коэффициент восстановления полного давления, энтропия, изобара, диаграмма Смита

Optimization of the Number, Distribution of Work by Stages, and Solidity of Profile Vane Cascades during Compressor Design

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

Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The method of choosing the optimal number and distribution of work by stages is considered (based on providing the same total pressure recovery coefficient in stages and blade rows). A method is proposed for choosing the solidities of the profile cascades. The method effectiveness is confirmed by an example of choosing the optimal number of stages (three) and the distribution of work in a low-pressure compressor with a given of pressure ratio and peripheral speed.

Gas turbine engine, compressor, stages, total pressure ratio, efficiency, margin of gas-dynamic stability, total pressure recovery coefficient, entropy, isobar, Smith diagram

Совершенствование рабочего процесса в охлаждаемом сопловом аппарате турбины с несимметричными торцевыми поверхностями

А.Е. РЕМИЗОВ,
д-р техн. наук,
В.В. ВЯТКОВ,
канд. техн. наук,
Р.В. ХАРЧЕНКО,
аспирант,
Е.С. ОСОКИНА,
аспирант
(РГАТУ им. П.А. Соловьева,
Рыбинск)
ad@rsatu.ru

Анализируются особенности рабочего процесса в охлаждаемом сопловом аппарате турбины с несимметричными торцевыми поверхностями. Показано влияние несимметричных торцевых поверхностей, полученных оптимизацией ступени турбины, на структуру и динамику вторичных течений в межлопаточном канале. Приведены особенности организации пленочного охлаждения на несимметричной торцевой поверхности соплового аппарата. Рассматривается способ обеспечения теплового состояния торцевых поверхностей организацией конвективного теплообмена с внутренней стороны торцевой поверхности.

Охлаждаемая газовая турбина, коэффициент полезного действия, оптимизация, несимметричные торцевые поверхности

Cycle Improvement in the Cooled Turbine Nozzle with Asymmetric End Surfaces

A.E. REMIZOV, V.V. VYATKOV, R.V. KHARCHENKO, AND E.S. OSOKINA

P.A. Solov'ev Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk

The paper deals with the analysis of cycle features in the cooled turbine nozzle with asymmetric end surfaces. Influence of asymmetric end surfaces, which have been obtained in the course of turbine stage optimization, on the structure and dynamics of secondary flows in the blade passage is shown. Features of film cooling arrangement on the nozzle asymmetric end surface are analyzed. The method to ensure thermal state of end surfaces by arranging the convective heat transfer from the inside of the end surface is shown.

Cooled gas turbine, efficiency, optimization, asymmetric end surfaces

Влияние относительной расходонапряженности над утопленной частью сопла с радиусным входным участком на коэффициент расхода

Современными методами вычислительной гидродинамики проведено исследование влияния относительной расходонапряженности над утопленной частью сопла с радиусным входным участком ракетного двигателя твердого топлива на коэффициент расхода. Результаты представлены во взаимосвязи с геометрическими параметрами входного участка и степенью утопленности сопла.

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

Ракетные двигатели твердого топлива, утопленное сопло, радиусный входной участок, газодинамическая составляющая коэффициента расхода, относительная расходонапряженность, степень утопленности, вычислительная гидродинамика

Effect of Mass Flux Ratio above the Submerged Part of a Nozzle with a Contoured Inlet on the Discharge Coefficient

A.N. SABIRZYANOV AND A.N. KIRILLOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The up-to-date methods of computational fluid dynamics (CFD) were employed to study the effect of mass flux ratio above the submerged part of a solid rocket engine nozzle with a contoured inlet on the discharge coefficient. The results are given in correlation with the inlet geometry and nozzle submergence.

Solid rocket engine, submerged nozzle, contoured inlet, gas dynamic component of discharge coefficient, mass flux ratio, submergence, computational fluid dynamics

Трансформируемые элементы системы теплоотвода космической ядерной энергетической установки

**М.А. ЛАДЫКО,
Г.В. ВОЛЧКОВ,
А.Г. ВЫСТАВКИН,
А.В. МАТВЕЕВ**
(АО «Красная Звезда»,
Москва)
ladyko.maxim@yandex.ru

Рассмотрены трансформируемые элементы системы теплоотвода космической ядерной энергетической установки, расположенные в шарнирных узлах системы разворачивания и обеспечивающие перевод холодильника-излучателя из стартового в рабочее (орбитальное) положение. Представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований, выполненных на макетах шарнирных узлов.

Система теплоотвода, космическая ядерная энергетическая установка, шарнирный узел, сварной пластинчатый сильфон, металлорукав, холодильник-излучатель

Transformable Elements of the Heat Removal System of Space Nuclear Power Plant

M.A. LADYKO, G.V. VOLCHKOV, A.G. VYSTAVKIN, AND A.V. MATVEEV

АО Krasnaya Zvezda, Moscow

The paper considers the transformable elements of the space nuclear power plant heat removal system located in the hinge joints of deployment system and ensuring transfer of the radiator from starting to working (orbital) position. Welded plate bellows and metal hoses are considered as transformable elements. The results are presented of computational and experimental studies performed on models of hinge assemblies.

Heat removal system, space nuclear power plant, hinge joint, welded plate bellow, metal hose, radiator

**Энергетические аспекты
технологического наследования
металлических деталей
авиационной техники**

Предложен подход к оценке параметров технологического наследования металлических авиационных деталей, основанный на энергетической концепции. На примерах процессов, происходящих в деталях при изготовлении, эксплуатации и ремонте, показаны особенности энергетических аспектов их технологического наследования.

В.И. ГОНЧАРЕНКО,

д-р техн. наук,

В.С. ОЛЕШКО,

канд. техн. наук

(МАИ, Москва)

OleshkoVS@mai.ru

Авиационная техника, металл, технологическое наследование, работа выхода электрона, контактная разность потенциалов, зонд Кельвина

**Energy Aspects of Technological Inheritance
of Aircraft Metal Parts**

V.I. GONCHARENKO, AND V.S. OLESHKO

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The paper is devoted to estimation of parameters of technological inheritance based on the energy concept. The features of energy aspects and their technological inheritance are described by the help of processes occurring in parts during the manufacture, operation, and repair.

Aeronautical equipment, metal, technological inheritance, electron work function, contact potential difference, Kelvin probe

К вопросу об упрощении методики моделирования складчатых структур

И.М. ЗАКИРОВ,

д-р техн. наук,

Н.К. АЛЕКСЕЕВ,

аспирант,

К.А. АЛЕКСЕЕВ,

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань)

nikita.k.alexeyev@gmail.com

Исследованы возможности применения складчатых заполнителей типа М-гофр в составе многослойных панелей авиационных конструкций. Разработана и апробирована методика моделирования складчатой структуры типа М-гофр средствами современных систем автоматизированного проектирования, исключающая сложные кинематические расчеты. Показаны перспективы разработки аналогичных моделей складчатых структур на основе неплоскогранных гофров.

М-гофр, складчатые структуры, складчатые заполнители

To the Question of Simplifying the Methodology of Modeling Folded Structures

I.M. ZAKIROV, N.K. ALEKSEEV, AND K.A. ALEKSEEV

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The possibilities to use the M-corrugation type folded aggregates as a part of multilayer panels of the aircraft structures are investigated. A method avoiding complex kinematic calculations for modeling the M-corrugation type folded structure by means of modern computer-aided design systems has been developed and tested. The prospects of developing similar models of the folded structures based on flat-faced corrugations are shown.

M-corrugation, folded structures, folded aggregates

Интеграция современных методов и средств контроля в технологии производства изделий из композиционных материалов

П.Л. ЛЮДОГОВСКИЙ,

канд. техн. наук,

А.В. НАУМОВ,

канд. хим. наук,

Н.В. УЛЬЯНОВА

(КНИТУ-КАИ, Казань)

l2962281@mail.ru

Разработана структурно-функциональная схема контроля качества основных этапов технологического процесса производства изделий из композиционных материалов в их серийном производстве.

Композиционные материалы, контроль качества, методы контроля, точность геометрии поверхности

Integration of Modern Methods and Means of Control in Technology of Manufacturing the Composite Products

P.L. LYUDOGOVSKII, A.V. NAUMOV, AND N.V. UL'YANOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper describes the structural-functional scheme of quality control designed for main steps of the mass production technology process of products made of composite materials.

Composite materials, quality control, control methods, surface geometry accuracy

И.Г. МАРДАМШИН
(КАЗ им. С.П. Горбунова –
филиал ПАО «Туполев»,
Казань),
И.Ш. ШАРАФЕЕВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
I.Sharafeev@kai.ru

Проектирование нормативных таблиц расчета режимов резания для управляющих программ станков с ЧПУ

Представлена методика проектирования математических зависимостей и производственно-справочных таблиц для случаев, когда независимые переменные и искомая величина заданы некоторым интервалом допустимых значений.

Корреляция, нормативные таблицы, режимы резания

Design of Standard Reference Tables for Calculating the Cutting Modes for Control Programs of CNC Machines

I.G. MARDAMSHIN¹ AND I.SH. SHARAFEEV²

¹ Gorbunov Kazan Aviation Plant, branch of PAO Tupolev, Kazan

² Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The paper presents a technique of designing the mathematical dependences and standard reference tables for cases, when the independent variables and desired value are specified by some interval of permissible values.

Correlation, standard reference tables, cutting modes

Комплексный метод управления информационными ресурсами при обеспечении безопасности телекоммуникационных систем авиационных комплексов мониторинга

А.А. КОЧКАРОВ,
канд. физ.-мат. наук
(Финансовый ун-т
при Правительстве РФ,
Москва),

С.Н. РАЗИНЬКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж),

А.В. ТИМОШЕНКО,
д-р техн. наук
(МИЭТ, Москва),

В.А. ШЕВЦОВ,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва)
vs@mai.ru

Разработаны методики адаптивного, ситуационного и рефлексивного управления информационным ресурсом телекоммуникационной системы для обеспечения безопасности информации при сохранении эффективности информационного обмена в условиях информационно-технических воздействий. Оценены возможности сокращения задержек передачи сообщений при реализации мер защиты в ходе информационного конфликта по схеме антагонизма. Обоснован комплексный метод управления информационным ресурсом в интересах защиты телекоммуникационных систем авиационных комплексов мониторинга от преднамеренных помех, создаваемых пространственно распределенными постановщиками наземного и воздушного базирования.

Телекоммуникационная система, среднее время задержки передачи сообщений, информационно-техническое воздействие, информационный ресурс, метод управления

Comprehensive Method of Information Resources Control Ensuring the Security of Telecommunication Systems of Aviation Monitoring Complexes

A.A. KOCHKAROV¹, S.N. RAZIN'KOV², A.V. TIMOSHENKO³, AND V.A. SHEVTSOV⁴

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

² Russian Air Force Military Educational and Scientific Center "Air Force Academy", Voronezh

³ National Research University of Electronic Technology (MIET), Moscow

⁴ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

Techniques of adaptive, situational and reflexive control of information resources of the telecommunication system were developed to ensure the information security while preserving the efficiency of information exchange under conditions of information technical impacts. The possibilities of reducing delays in message transmission were assessed under the protection implementation during an information conflict by the antagonism scheme. A comprehensive method is justified for control of the information resource in order to protect telecommunication systems of aviation monitoring complexes from intentional interferences created by spatially distributed ground and air-based jammers.

Telecommunications system, average message delay time, information technical impact, information resource, control method

Оценка несущей способности трехслойных сотопанелей с металлокомпозитными несущими слоями в условиях статического и динамического нагружения

А.В. ВОЛКОВ
(МАИ, Москва;
ИПРИМ РАН, Москва),
Ю.О. СОЛЯЕВ,
канд. физ.-мат. наук
(МАИ, Москва;
ИПРИМ РАН, Москва),
Л.Н. РАБИНСКИЙ,
д-р физ. мат. наук
(МАИ, Москва),
А.А. ШАВНЕВ,
канд. техн. наук
(ФГУП «ВИАМ», Москва)

Представлены результаты моделирования трехслойных алюминиевых сотопанелей с несущими слоями, выполненными из дисперсно-упрочненного алюминиевого сплава, наполненного частицами карбида кремния. Исследовано влияние объемного содержания наполнителя на несущую способность трехслойной свободно опертой панели в условиях статического нагружения равномерно распределенным давлением и в условиях динамического воздействия при ударе по поверхности панели жестким сферическим телом. Показано неоднозначное изменение статических и динамических характеристик панели в зависимости от объемного содержания наполнителя.

Сотопанель, дисперсно-упрочненный сплав, алюмокомпозит, карбид кремния, удар, моделирование

Evaluation of the Load Bearing Capacity of the Honeycomb Core Sandwich Panels with Face Sheets Made of Metal Matrix Composite under Static and Dynamic Loading

A.V. VOLKOV^{1,2}, YU.O. SOLYAEV^{1,2}, L.N. RABINSKII¹, AND A.A. SHAVNEV³

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

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

³ The All-Russian Institute of Aviation Materials (VIAM), Moscow

This paper presents the simulation results for the three-layered aluminum honeycomb panels with face sheets made of composite aluminum alloy filled with silicon carbide particles. The effect of the filler volume fraction on the load bearing capacity of a simply supported panel under condition of static loading with uniformly distributed pressure and under the impact over the panel surface with a rigid spherical body is investigated. It is shown that the static and dynamic characteristics of the panel change in a different way depending on the filler volume fraction.

Honeycomb core, particulate composite, aluminum composite, silicon carbide, impact, numerical simulation

**Диагностика разрушения крыльчатки обдува
генератора газотурбинного двигателя
методом голографической интерферометрии**

А.М. ЦАРЕВА,
канд. техн. наук,
Р.Х. МАКАЕВА,
д-р техн. наук,
Д.М. САФИНА,
аспирант,
Р.К. ГАЛИМОВА,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
Roskh2001@mail.ru

Представлены результаты исследований причины усталостного разрушения крыльчатки обдува генератора авиационного газотурбинного двигателя по картинам форм колебаний, полученным методом голографической интерферометрии. Даны рекомендации по отстройке от резонанса, позволившие устранить разрушение детали.

Крыльчатка обдува генератора газотурбинного двигателя, голографическая интерферометрия, форма колебания, резонансная частота

**Diagnostics of Fracture of the Blower
Impeller of Gas Turbine Engine Core by Using
the Holographic Interferometry**

A.M. TSAREVA, R.KH. MAKAEVA, D.M. SAFINA, AND R.K. GALIMOVA

Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

The results of studies are presented of fatigue-determined failure causes of the blower impeller of aircraft gas turbine engine core based on vibration mode patterns obtained by the holographic interferometry. Recommendations for detuning from the resonance are given that allows the part destruction to be eliminated.

Blower impeller of the gas turbine engine core, holographic interferometry, vibration mode, resonance frequency

Г.В. ДМИТРИЕНКО,

д-р техн. наук,

Д.В. МУХИН,

канд. техн. наук,

Г.Л. РИВИН,

канд. техн. наук,

А.А. ФЕДОРОВ,

канд. техн. наук

(УлГТУ, Ульяновск)

dmitrienko.german@yandex.ru

**Радиоволновые методы диагностики дефектов
полимерных композиционных материалов
в условиях нестационарных температур**

Рассмотрены вопросы комбинированного радиоволнового и теплового метода диагностики неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов в лабораторных и заводских условиях.

Полимерные композиционные материалы, диагностика, радиоволновый метод диагностики

**Radiowave Methods of Polymer Composite Defect
Diagnostics under Nonsteady Temperatures**

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

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

The paper deals with the issues of the combined radio wave and thermal test methods for nondestructive testing of polymer composite materials (PCM) in laboratory and factory conditions.

Polymercomposite materials, diagnostics, radio wave test method