

**Численная оценка массовой эффективности
композитных сетчатых оболочек
летательных аппаратов с переменными
по высоте параметрами сетки**

**П.Н. БОКУЧАВА,
В.А. ЕВСТАФЬЕВ,**

канд. техн. наук,

В.А. БАБУК,

д-р техн. наук

(БГТУ «Военмех»

им. Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербург)

bokuchava.peter@yandex.ru

С использованием пакета конечно-элементного моделирования ANSYS выполнено исследование влияния переменных по высоте параметров сетки на массу сетчатых цилиндрических и конических оболочек из углепластика. Оболочки нагружались продольными сжимающими и перерезывающими усилиями на верхнем торце.

Сетчатые оболочки, углепластик, метод конечных элементов, оптимизация параметров

**Numerical Estimation of Weight Efficiency
for Aircraft Composite Lattice Shells
with Grid Parameters Variable over Height**

P.N. BOKUCHAVA, V.A. EVSTAF'EV, AND V.A. BABUK

The influence of grid parameters variable over height on the weight of cylindrical and conical lattice shells made of carbon fiber is studied using the ANSYS software. The shells are loaded with longitudinal compressive and shear forces on the upper end face.

Lattice shells, carbon composite, finite element method, parameter optimization

Псевдоупругость и ее использование для проектирования нагретых тонкостенных конструкций

Ч. ВАН,

д-р филос. по техн. наукам,

А.С. КРЕТОВ,

д-р техн. наук

(Нанкинский ун-т, Наньцзин),

П.А. ШАТАЕВ,

магистр

(КНИТУ-КАИ, Казань)

pashataev@yandex.ru

Вводится понятие псевдоупругости, с помощью которой рассмотрена формулировка критерия оптимальности для конструкций максимальной жесткости с учетом начальных деформаций. Приводится пример для нагретой фермы.

Оптимизация, максимальная жесткость, тонкостенные конструкции, нагрев, псевдоупругость

Pseudoelasticity and Its Use for Design of Heated Thin-Walled Structures

Z.J. WANG, A.S. KRETOV, AND P.A. SHATAEV

The paper introduces the concept of pseudoelasticity, by which the formulation of the optimality criterion for structures of maximum rigidity with account of initial strains is considered. An example for a heated truss is given.

Optimization, maximum rigidity, thin-wall structures, heat, pseudoelasticity

Экспериментальное исследование усталостной деградации модуля упругости углепластика при различных температурах

А.А. ФЕДОТОВ,
аспирант,
А.В. ЦИПЕНКО,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва)

alexey.a.fedotov@inbox.ru

Представлены результаты экспериментального исследования изменения модуля продольной упругости и коэффициента Пуассона углепластиковых образцов под действием усталостной нагрузки при различных значениях температуры. Предложены аппроксимирующие зависимости, отражающие результаты проведенных экспериментов.

Усталостные испытания, углепластик, модуль упругости, коэффициент Пуассона, деградация механических свойств

Experimental Study of the Fatigue Stiffness Degradation for the Carbon Fiber Reinforced Plastic at Variable Temperature

A.A. FEDOTOV AND A.V. TSIPENKO

The paper represents the results of the experimental study on variation of the longitudinal elastic modulus and Poisson's ratio for the carbon fiber specimens under fatigue loading at variable temperature. The approximating relations reflecting the test data are proposed.

Fatigue testing, carbon fiber plastic, elastic modulus, Poisson's ratio, degradation of mechanical properties

Н.Е. ЗУБОВ,
д-р техн. наук
(МГТУ, Москва),
Е.А. МИКРИН,
д-р техн. наук,
академик РАН
(ПАО РСК «Энергия»,
Королев),
В.Н. РЯБЧЕНКО,
д-р техн. наук
(МГТУ, Москва),
И.В. СОРОКИН,
д-р техн. наук
(ПАО РСК «Энергия»,
Королев)
nik.zubov@gmail.com

Синтез законов стабилизации бокового движения маневренного летательного аппарата при отсутствии информации об углах скольжения и крена

Аналитически решена задача синтеза закона управления боковым движением маневренного летательного аппарата при отсутствии информации об углах скольжения и крена. В основу решения положен модифицированный метод синтеза управления по выходному сигналу, обеспечивающий заданный спектр движения МИМО-системы. Приведены результаты аналитического синтеза закона управления и численного моделирования.

Модальное управление по выходу, система с многими входами и многими выходами, летательный аппарат, боковое движение

Synthesis of Stabilization Laws for Lateral Motion of a Manoeuvrable Aircraft at the Lack of Data on Its Sideslip and Roll Angles

N.E. ZUBOV, E.A. MIKRIN, V.N. RYABCHENKO, AND I.V. SOROKIN

The problem of synthesis stabilization laws for lateral motion of a manoeuvrable aircraft at the lack of data on its sideslip and roll angles is analytically solved. The solution is based on the improved method of output signal control synthesis, which provides the specified spectrum of MIMO-system motion. The results of analytical synthesis of the control law and numerical simulation data are presented.

Modal output signal control, multi-input and multi-output system, aircraft, lateral motion

Принципы построения систем ограничения предельных параметров летательных аппаратов

Рассмотрена задача ограничения параметров движения летательного аппарата. Показаны особенности построения логико-динамических систем ограничения предельных параметров для различных каналов управления угловым движением летательных аппаратов. Рассмотрены вопросы синтеза таких систем. Приведены результаты моделирования.

В.И. ПЕТУНИН,

д-р техн. наук,

Л.М. НЕУГОДНИКОВА,

канд. техн. наук

(УГАТУ, Уфа)

petunin_vi@mail.ru

Система автоматического управления, летательный аппарат, ограничение параметров, алгебраический селектор

Principles of Constructing the System of Restriction the Aircraft Critical Parameters

V.I. PETUNIN AND L.M. NEUGODNIKOVA

The problem of the aircraft motion parameters restriction is considered. Features of construction of logical-dynamic systems of critical parameters restriction for various channels of aircraft angular motion control are shown. The problems of such system synthesis are considered. The modeling results are given.

Automatic control system, aircraft, parameter restriction, algebraic selector

Решение задачи автономной начальной ориентации бесплатформенных инерциальных навигационных систем на возмущенном основании с использованием параметров Родрига – Гамильтона

С.В. СОКОЛОВ,
д-р техн. наук,
В.А. ПОГОРЕЛОВ,
д-р техн. наук,
А.Б. ШАТАЛОВ,
канд. техн. наук
(РУДН, Москва)
vadim.pogorelov.rnd@gmail.com

Рассматривается задача начальной ориентации бесплатформенных инерциальных навигационных систем летательных аппаратов на возмущенном основании при самых общих предположениях о характере углового движения основания и ускорениях, возмущающих бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Получено решение в виде обобщенного фильтра Калмана, использующего в качестве вектора состояния вектор параметров Родрига – Гамильтона, а в качестве вектора наблюдения – вектор измерений акселерометров бесплатформенных инерциальных навигационных систем. Приведен пример, иллюстрирующий высокую точность и скорость сходимости процесса оценивания параметров начальной ориентации бесплатформенных инерциальных навигационных систем летательных аппаратов.

Нелинейная стохастическая оценка, начальная ориентация, бесплатформенные инерциальные навигационные системы, возмущенное основание, параметры Родрига – Гамильтона

Solving the Autonomous Initial Navigation Task for Strapdown Inertial Navigation System on the Perturbed Basis Using Rodriguez–Hamilton Parameters

S.V. SOKOLOV, V.A. POGORELOV, AND A.B. SHATALOV

The article attempts to solve the initial orientation task for perturbed-basis strapdown inertial navigation systems (SINS) of aircraft with most general assumptions about the character of the angular motion of the basis and the accelerations perturbing the SINS. The solution has been attained in the form of generalized Kalman filter using the vector of Rodriguez–Hamilton parameters as the state vector, and the measurement vector of the SINS accelerometers as the observation vector. A practical example serves to illustrate the high precision and convergence rate of estimation process of the aircraft SINS initial orientation parameters.

Nonlinear stochastic estimation, initial orientation, strapdown inertial navigation system (SINS), perturbed basis, Rodriguez–Hamilton parameters

К задаче оптимальной тепловой защиты поверхностей в сверхзвуковых потоках

К.Г. ГАРАЕВ,
д-р физ.-мат. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
И.Р. МУХАМЕТЗЯНОВ,
канд. техн. наук
(филиал «Восток»
КНИТУ-КАИ, Чистополь)
m.ilshat@mail.ru

Рассматривается задача оптимизации тепломассообмена в пограничном слое на проницаемых профилях в сверхзвуковых потоках газа. В отличие от предыдущих работ данного направления, в представленной работе получена аналитическая формула для оптимального расхода газа через проницаемую поверхность, более удобная для использования в инженерной практике. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.

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

To the Problem of Optimal Thermal Protection of Surfaces in Supersonic Flows

K.G. GARAEV AND I.R. MUKHAMETZYANOV

The optimization problem of heat and mass transfer in the boundary layer on permeable profiles in supersonic gas flows is considered. Unlike the previous works of this direction, the analytical formula for optimal gas flow through the permeable surface is obtained in the present work, more convenient for application in engineering practice. The results of computing experiment are given.

Supersonic flow, laminar boundary layer, functional, permeable profile, optimal injection

Численное моделирование ударно-волновых течений в газозвеси с неоднородной концентрацией дисперсной фазы

Д.А. ТУКМАКОВ,
канд. физ.-мат. наук
(ИММ – обособленное
структурное подразделение
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань;
КНИТУ-КАИ, Казань)
tukmakovDA@imm.knc.ru

Численно изучается движение прямого скачка уплотнения в неоднородной среде с неравномерным распределением дисперсной фазы. С помощью математического моделирования проводится анализ закономерностей влияния геометрии распределения твердых частиц на параметры динамики газа в запыленной среде.

Газозвесь, ударная труба, численное моделирование, межфазное взаимодействие, уравнения Навье – Стокса

Numerical Modeling of Shock-Wave Flows in a Gas Suspension with Inhomogeneous Concentration of the Dispersed Phase

D.A. TUKMAKOV

The motion of a direct shock wave in an inhomogeneous medium with an uneven distribution of the dispersed phase is studied numerically. With the help of mathematical modeling, the regularities of the influence of the geometry of distribution of solid particles on the gas dynamics parameters in the dusty environment are analyzed.

Gas suspension, shock tube, numerical simulation, interfacial interaction, Navier–Stokes equations

Расчет нагрева топливного газа во фронтовом устройстве многофорсуночной камеры сгорания газотурбинного двигателя

А.В. БАКЛАНОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
А.В. МАЛЮКОВ
(КМПО, Казань)
andreybaklanov@bk.ru

Представлена конструкция фронтового устройства многофорсуночной камеры сгорания газотурбинного двигателя. Описана методика определения температуры топливного газа, протекающего в коллекторе, расположенном во фронтовом устройстве камеры сгорания. Приведены результаты расчета по нагреву топлива во фронтовом устройстве.

Камера сгорания, фронтовое устройство, теплопередача, природный газ, расчет

Calculation of the Fuel Gas Heating in the Flame Tube Head of Multi-Injector Combustion Chamber of the Gas Turbine Engine

A.V. BAKLANOV AND A.V. MALYUKOV

The flame tube head design is presented of the multi-injector combustion chamber of the gas turbine engine. The technique is described of determining the temperature of fuel gas flowing in the header, which is placed in the combustion chamber flame tube head. The calculation results of the fuel heating in the flame tube head are given.

Combustion chamber, flame tube head, heat transfer, natural gas, calculation

Верификация расчетов пленочного охлаждения входных кромок сопловых лопаток в ANSYS CFX

Ю.Г. ГОРЕЛОВ,
канд. техн. наук,
К.В. ТЮЛЬКОВ,
В.В. АНАНЬЕВ
(НПЦ газотурбостроения
«Салют», Москва),
П.М. БЫВАЛЬЦЕВ,
канд. физ.-мат. наук
(ООО «Тесис», Москва)
Yury.Dina@gmail.com

Приведена верификация результатов 3D-расчетных исследований эффективности пленочного охлаждения входной кромки сопловой лопатки турбины высокого давления двигателя СЗХ с применением моделей турбулентности SST и S-A, результаты расчета с применением 1D-эмпирических зависимостей и 2D-расчета при моделировании вдува охладителя в рамках двухмерного пограничного слоя. Показано, что при использовании в 3D-расчетах модели турбулентности S-A расчетные данные наиболее удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Эффективность пленочного охлаждения, эквивалентный коэффициент давления, душевое охлаждение входной кромки

Verification of the Film Cooling Calculations for Nozzle Vane Leading Edges in ANSYS CFX

YU.G. GORELOV, K.V. TYUL'KOV, V.V. ANAN'EV, AND P.M. BYVAL'TSEV

The verification results are cited of 3D computational investigation of effectiveness of the film cooling for the vane leading edge of the C3X engine high pressure turbine with application of SST and S-A turbulence models, and calculation results are presented for used 1D empirical dependences and 2D calculation with modeling coolant injection within the bounds of two-dimensional boundary layer. The most satisfactory matching of calculation data with experimental ones is demonstrated in case of using S-A turbulence model in 3D calculations.

Film cooling effectiveness, equivalent pressure coefficient, shower head cooling of the leading edge

Нагрев анизотропного слоя теплозащитного покрытия при гиперзвуковом обтекании сферического затупления

Для шарового слоя теплозащитного покрытия представлено решение линейной нестационарной задачи теплопроводности при осесимметричном распределении плотности теплового потока по внешней поверхности слоя. Поскольку материал покрытия имеет анизотропию теплопроводности, характеризуемую отношением коэффициентов теплопроводности вдоль и поперек слоя, полученное решение использовано для количественной оценки влияния этого отношения на выравнивание распределения температуры при неравномерном нагреве, характерном для условий осесимметричного гиперзвукового обтекания полусферического затупления.

В.С. ЗАРУБИН,

д-р техн. наук,

В.В. ЛЕОНОВ,

канд. техн. наук,

В.С. ЗАРУБИН

(МГТУ, Москва)

lv-05@mail.ru

Шаровой слой, теплозащитное покрытие, анизотропия теплопроводности, гиперзвуковое обтекание затупления

Heating of an Anisotropic Insulation Layer with Hypersonic Flow past a Spherical Blunting

V.S. ZARUBIN, V.V. LEONOV, AND V.S. ZARUBIN

For a spherical layer of insulation surface, we give a solution of the linear time-dependent heat transfer problem with axially symmetric distribution of the heat flux density over the layer exterior surface. The insulation material has anisotropic heat conduction properties characterized by the ratio of the thermal conductivities along and across the layer. The solution obtained is used for qualitative estimate of the effect of this ratio on the leveling of temperature distributions for nonuniform heating specific for conditions of an axially symmetric hypersonic flow past a hemispherical blunting.

Spherical layer, insulation layer, anisotropic heat conduction, hypersonic flow past a blunt body

С.З. САПОЖНИКОВ,

д-р техн. наук,

В.Ю. МИТЯКОВ,

д-р техн. наук,

А.В. МИТЯКОВ,

канд. техн. наук

(СПбПУ, Санкт-Петербург),

О.А. БАРАБАНОВА,

д-р техн. наук,

П.А. САЛМИН,

аспирант

(МАИ, Москва)

itc-mati@mail.ru

Задачи и решения в градиентной теплотметрии

Предложен метод определения местной плотности теплового потока, основанный на поперечном эффекте Зеебека, – градиентная теплотметрия. Описана структура косослойных композитов, приведены зависимости, позволяющие рассчитать вольт-ваттную чувствительность датчиков. Рассмотрена технология производства датчиков на основе металлов, сплавов и полупроводников.

Тепловой поток, эффект Зеебека, гетерогенные градиентные датчики, вольт-ваттная чувствительность, диффузионная сварка

Tasks and Solutions in Gradient Heat Flux Measurement

S.Z. SAPOZHNIKOV, V.YU. MITYAKOV, A.V. MITYAKOV,

O.A. BARABANOVA, AND P.A. SALMIN

Method for determining the local heat flux per unit area, namely, gradient heat flux measurement, is proposed based on Seebeck transverse effect. The structure of skew layer composites is described, the dependencies are given, which allow calculating volt-watt sensitivity of the sensors. Technology of sensor production based on metals, alloys and semiconductors is considered.

Heat flux, Seebeck effect, heterogeneous gradient heat flux sensors, volt-watt sensitivity, diffusion welding

Численное моделирование переноса излучения аэроносителей в атмосфере

Н.И. МОСКАЛЕНКО,
д-р физ.-мат. наук,
Р.Ш. МИСБАХОВ,
канд. техн. наук,
И.Р. ДОДОВ,
аспирант,
М.С. ХАМИДУЛЛИНА,
аспирант,
Н.Е. КУВШИНОВ,
аспирант
(КГЭУ, Казань)
utisey@gmail.com

Рассматривается перенос селективного излучения факелов и следов аэроносителей с учетом острой селекции спектров излучения и спектров поглощения излучения атмосферой. Численное моделирование переноса излучения позволяет выявить эффекты просветления среды или усиление поглощения излучения ею в зависимости от температурного поля и химического состава селективных источников излучения, создаваемых аэроносителями в атмосфере. Отмечается эффект влияния температурного смещения центров спектральных линий при высоких температурах факела аэроносителей на перенос их излучения в атмосфере.

Перенос излучения, радиационный теплообмен, аэроносители, равновесное и неравновесное излучение, параметры спектральных линий

Numerical Simulation of Air Carrier Radiation Transfer in the Atmosphere

N.I. MOSKALENKO, R.SH. MISBAKHOV, I.R. DODOV,
M.S. KHAMIDULLINA, AND N.E. KUVSHINOV

The transfer of selective radiation from exhaust flames and traces of air carriers is considered taking into account an acute selection of emission spectra and emission absorption spectra by the atmosphere. Numerical simulation of radiation transfer reveals the effects of medium clarification or enhancement of radiation absorption by it, depending on the temperature field and chemical composition of selective radiation sources created by airborne materials in the atmosphere. The effect of the temperature shift of the centers of spectral lines at high temperatures of the air carrier flame on the transfer of their radiation in the atmosphere is noted.

Radiation transfer, radiative heat transfer, air carriers, equilibrium and non-equilibrium radiation, parameters of spectral lines

Архитектура отказоустойчивого запоминающего устройства для бортовых систем управления космическими аппаратами

В.Г. РЯБЦЕВ,
д-р техн. наук,
С.В. ВОЛОБУЕВ,
А.А. ШУБОВИЧ,
канд. техн. наук
(ВолГАУ, Волгоград)
akim.onoke@mail.ru

Решается задача повышения отказоустойчивости запоминающих устройств и обеспечения простоты технического обслуживания для бортовых микроэлектронных систем управления космическими аппаратами с продолжительным сроком эксплуатации. Предлагается архитектура отказоустойчивого запоминающего устройства со встроенными средствами самотестирования и автоматическим восстановлением работоспособности при многократных отказах.

Запоминающее устройство, самотестирование, встроенные средства диагностирования, восстановление работоспособности

Fault-Tolerant Architecture of Storage Device for On-Board Spacecraft Control Systems

V.G. RYABTSEV, S.V. VOLOBUEV, AND A.A. SHUBOVICH

For on-board microelectronic control systems of spacecraft with a long service life, the problem of increasing the fault tolerance of storage devices and ensuring ease of maintenance is solved. The architecture of a fault-tolerant storage device with built-in self-testing and automatic recovery from multiple failures is proposed.

Memory device, self-testing, built-in diagnostic tools, operability recovery

Особенности построения и анализ эффективности комплексной системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником потока

Раскрываются особенности построения комплексной системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником потока с использованием комплексированных каналов аэромеханической измерительно-вычислительной системы на основе метода VIMI с наблюдателем Люэнбергера. На примере комплексного канала измерения параметров вектора истинной воздушной скорости рассматривается методика анализа и эффективность комплексной системы.

В.М. СОЛДАТКИН,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
w-soldatkin@mail.ru

Самолет, воздушные сигналы, измерение, система, неподвижный невыступающий приемник потока, комплексирование, аэромеханическая измерительно-вычислительная система, наблюдатель Люэнбергера, построение, анализ, оценка эффективности

Design Features and Efficiency Analysis of the Aircraft Complex Air Data System with a Fixed Flush-Mounted Flow Receiver

V.M. SOLDATKIN

The design features of the complex air data system of aircraft with a fixed flush-mounted flow receiver using integrated channels of aeromechanic measuring-computing system based on the VIMI method with the Luenberger observer are revealed. The complex system analysis technique and efficiency are considered on the example of an integrated channel for measuring the true air velocity vector parameters.

Aircraft, air data signals, measurement, system, fixed flush-mounted flow receiver, integration, aeromechanic measuring-computing system, Luenberger observer, construction, analysis, efficiency estimation

Учет влияния возможных отклонений размеров в пределах технологических допусков на величины собственных частот колебаний рабочей лопатки компрессора в процессе ее отстройки от опасных резонансов

Б.Е. ВАСИЛЬЕВ,
канд. техн. наук,
А.В. СЕМЕНОВ,
аспирант,
А.В. САЛЬНИКОВ,
аспирант,
А.Д. БОРТНИКОВ,
аспирант
(ЦИАМ, Москва)
semenovartem@ciam.ru

Проведено расчетное исследование влияния рассеяния геометрических размеров в пределах технологических допусков на величины собственных частот колебаний лопатки компрессора низкого давления. Оценено влияние различных законов распределения размеров в пределах допуска на рассеяние собственных частот колебаний рабочей лопатки первой ступени компрессора низкого давления. Представлен подход к решению совместной задачи оптимизации собственных частот колебаний лопатки и робастного проектирования. Получена конструкция лопатки, собственные частоты колебаний которой менее чувствительны к рассеянию геометрических размеров по сравнению с лопаткой исходной конструкции.

Лопатка, рассеяние параметров, собственные частоты, резонанс, оптимизация, робастное проектирование

Accounting for Geometric Scatter within Manufacturing Tolerances on the Natural Frequency Values of Compressor Rotor Blade during Its Detuning from Dangerous Resonances

B.E. VASIL'EV, A.V. SEMENOV, A.V. SAL'NIKOV, AND A.D. BORTNIKOV

Computational research is carried out of the effect of geometric scatter within the manufacturing tolerances on the natural frequency values of a low pressure compressor blade. The first stage blade natural frequencies are estimated and compared considering various distribution laws of dimensions within the manufacturing tolerances. The joint approach to the blade natural frequency optimization and robust design optimization is presented. The obtained blade design is less sensitive to geometric dimension scattering compared to the original design.

Blade, geometric scatter, natural frequencies, resonance, optimization, robust design

Эффективность пассивных противообледенительных кремнийорганических покрытий

М.П. ДАНИЛАЕВ,
д-р техн. наук,
Е.А. БОГОСЛОВ,
канд. техн. наук,
Н.В. ДОРОГОВ,
М.А. КЛАБУКОВ,
Е.А. БОБИНА,
аспирант
(КНИТУ-КАИ, Казань)
danilaev@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований пассивных противообледенительных покрытий на основе кремнийорганических соединений с гидрофобными группами. Обоснована целесообразность применения покрытий, содержащих гидрофобные группы $-CF_3$. Показано, что такие покрытия позволяют обеспечить низкую интенсивность образования наледи и одновременно высокую абразивостойкость.

Кремнийорганические противообледенительные покрытия, пассивные противообледенительные системы, абразивостойкие гидрофобные покрытия

Эффективность пассивных
противообледенительных
кремнийорганических покрытий

M.P. DANILAEV, E.A. BOGOSLOV, N.V. DOROGOV, M.A. KLABUKOV, AND E.A. BOBINA

The results of experimental studies of anti-icing property of passive silicon coatings with hydrophobic groups are presented. The high efficiency of that coating with hydrophobic groups $-CF_3$ is found. It is shown that such coatings can provide a low icing intensity and, at the same time, high abrasion resistance.

Organosilicon anti-icing coatings, passive anti-icing systems, abrasion resistance hydrophobic coatings

К решению основной задачи управления мелкосерийным машиностроительным производством

В.К. ИВАНОВ,
д-р техн. наук
(ПГТУ, Йошкар-Ола)
ivladko1@mail.ru

Предложены новые методы и средства автоматизации технологической подготовки производства на основе решений основной задачи управления в условиях мелкосерийного многономенклатурного авиационного производства.

Технологическая подготовка авиационного производства, основная задача управления, база данных, рациональные параметры

Ways to Manage Small-Scale Machine-Building Production

V.K. IVANOV

The paper proposes new methods and means for the process of automating technological preproduction planning based on the solution of the main management function in small-scale multi-product aircraft manufacturing companies.

Technological preproduction planning in aircraft manufacturing, main management function, database, rational parameters

Графовое моделирование данных сборочного процесса узлов газотурбинных двигателей в условиях цифровой трансформации производства

А.Г. ЛЮТОВ,
д-р техн. наук,
Ю.В. РЯБОВ,
канд. техн. наук,
Н.И. АХЬЯРУЛЛИН,
Л.И. ДАВЛЕТШИН
(УГАТУ, Уфа)
lutov1@mail.ru

Рассмотрены вопросы моделирования данных сборочного процесса узлов газотурбинных двигателей на основе графового подхода для решения задачи цифровой трансформации производства. Представлена графовая модель, с помощью которой определяются рабочие места сборки и новые состояния собранных узлов газотурбинных двигателей.

Граф, модель, сборочный процесс, цифровая трансформации, газотурбинный двигатель, рабочее место, JSON-документ

Graph Modeling of Data for Assembly Process of GTE Units in Conditions of Production Digitalization

A.G. LYUTOV, YU.V. RYABOV, N.I. AKH'YARULLIN,
AND L.I. DAVLETSKIN

The problems of data modeling of assembly process of GTE units are considered on the basis of graph approach for solving the production digitalization problem. With the help of the graph model, the assembly workplaces and new states of the assembled GTE units are determined.

Graph, model, assembly process, digitalization, gas turbine engine, workplace, JSON document

М.А. СЕМЕШКО
(ООО «Фирма "МВЕН"»,
Казань),
К.А. АЛЕКСЕЕВ,
канд. техн. наук
И.М. ЗАКИРОВ,
д-р техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
В.А. МАРКОВЦЕВ,
д-р техн. наук
(АО «Ульяновский НИИТ»,
Ульяновск)
nurzak@mail.ru

Определение геометрических характеристик складчатого заполнителя на основе плоскогранного элементарного модуля с переносной симметрией с учетом толщины материала

Разработана методика построения модели складчатого заполнителя с учетом толщины материала. Введено понятие о коэффициенте перекрытия и высоты гофра в предельно сжатом состоянии.

Складчатый заполнитель, толщина материала, модель, геометрические характеристики, элементарный модуль

Determination of the Folded Core Geometric Characteristics Based on a Flat-Faceted Elementary Module with a Portable Symmetry, Considering the Material Thickness

M.A. SEMESHKO, K.A. ALEKSEEV, I.M. ZAKIROV, AND V.A. MARKOVITSEV

A technique for constructing a model of folded core is developed taking into account the thickness of the material. The concept of the overlap coefficient and the corrugation height in the extremely compressed state are introduced.

Folded core, material thickness, model, geometrical (dimensional) characteristics, elementary module

Анализ точности технологической настройки многофункциональных станков с числовым программным управлением

Рассмотрены и исследованы актуальные методы технологической настройки многофункциональных станков с числовым программным управлением. На основе экспериментальных данных установлены статистические характеристики параметров технологической настройки, реализуемой традиционным методом касания и контактными измерительными системами. Полученные результаты позволяют осуществить обоснованный выбор метода технологической настройки с учетом точности обрабатываемых деталей.

Ж.А. ЮСУПОВ,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань)
iu.jores@yandex.ru

Многофункциональные станки с числовым программным управлением, технологическая настройка, точность обработки, контактные измерительные системы

Analysis of Process Setting Accuracy for Multifunctional CNC-Machines

ZH.A. YUSUPOV

The paper considers the techniques of process setting for multifunctional CNC machines. On the basis of experimental data, the statistical characteristics are determined for process setting implemented by the conventional contact method and contact measuring systems. The results obtained permit judicious selection of a technique for process setting with regard for the accuracy of parts being machined.

Multifunctional CNC-machines, process setting, processing accuracy, contact measuring systems

Исследование причин изменения характеристик набора высоты самолетов Ил-96-300

Г.Е. МАСЛЕННИКОВА,
д-р техн. наук,
К.А. АРЕПЬЕВ,
Р.Р. ТАЖЕТДИНОВ,
В.В. НИКОНОВ,
д-р техн. наук,
В.Б. СПРЫСКОВ,
д-р техн. наук
(ФГУП «ГосНИИ ГА»,
Москва)
maslennikova@gosniiga.ru

Приведены результаты исследования изменения характеристик набора высоты самолетов Ил-96-300 при обобщении материалов 2005–2015 гг., полученных при оценке основных летных характеристик в процедуре сертификации экземпляра воздушного судна. Сделан вывод о необходимости пересмотра не только самих характеристик, но и действующих ограничений максимальных крейсерских высот полета с учетом изменившихся вследствие ряда доработок высотно-скоростных характеристик двигателей ПС-90.

Характеристики тяговооруженности в наборе высоты, доработки двигателей, влияние наработки и высоты полета

Changes in the Cruise Climb Performance of Il-96-300 Aircraft

G.E. MASLENNIKOVA, K.A. AREP'EV, R.R. TAZHETDINOV,
V.V. NIKONOV, AND V.B. SPRYSKOV

The paper describes the research of changes in the cruise climb performance of Il-96-300 aircraft performed while studying materials of 2005–2015 obtained during the main flight performance assessment in the airplane example certification. The most important result of the work is the conclusion that not only the performances themselves but also the current limitations of the maximum cruise altitudes require revision, taking into account the altitude-speed performances of PS-90 engines that have changed, due to a number of modifications.

Thrust-to-weight ratio performance in climb, engine modifications, influence of engine operating time and flight altitude

Устойчивость решений при выборе значений параметров рабочего процесса газотурбинного двигателя в системе вертолета на этапе начального проектирования

В.А. ГРИГОРЬЕВ,

д-р техн. наук,

А.О. ЗАГРЕБЕЛЬНЫЙ,

аспирант

(Самарский ун-т, Самара)

zao_sam156@mail.ru

Получены математические модели, позволяющие упростить процесс учета неопределенности значений исходных данных при проектировании газотурбинного двигателя в системе вертолета на ранних этапах проектирования.

Турбовальный двигатель, вертолет, параметры рабочего процесса, критерии эффективности, область компромиссов

Stability of Decisions when Choosing the Operating Parameters Values of the Gas Turbine Engine in the Helicopter System at the Initial Design Stage

V.A. GRIGOR'EV AND A.O. ZAGREBEL'NYI

Mathematical models are obtained that make it possible to simplify the accounting for the uncertainties in the initial data values when designing a gas turbine engine in a helicopter system at the initial design stages.

Turboshaft engine, helicopter, operating parameters, efficiency criteria, range of compromises

К вопросу решения задачи оптимизации проточной части турбины газогенератора малой размерности

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

Рассмотрены подходы к решению оптимизационных задач при газодинамическом проектировании турбин высокого давления на базе пакета ANSYS CFX. Показано, что построение оптимизационных процедур и прогнозируемые результаты оптимизации зависят от размерности турбины. Наилучшие результаты газодинамической оптимизации могут быть достигнуты при проектировании турбин с аэродинамически длинными лопатками.

Турбореактивный двухконтурный двигатель, турбина высокого давления, оптимизация, численное моделирование

To Solution of the Optimization Problem for the Small Dimension Engine Core Turbine Flow Path

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

The paper considers the optimization problems in high-pressure turbine gas-dynamic design based on the ANSYS CFX software package. It is shown that the optimization procedure formation and predicted optimization results depend on the turbine dimension. The best results of the gas-dynamic optimization can be achieved when he designing turbines with aerodynamically long blades.

Bypass turbofan engine, high-pressure turbine, optimization, computational simulation

Обеспечение качества сборки резьбовых соединений газотурбинных двигателей с помощью ультразвукового воздействия по критерию заданной прочности

В.Г. ШУВАЕВ,
д-р техн. наук
(СамГТУ, Самара),
В.В. НЕПОМИЛУЕВ,
д-р техн. наук,
А.Н. РЫКУНОВ,
д-р техн. наук,
А.Н. СЕМЕНОВ,
д-р техн. наук
(РГАТУ, Рыбинск)
semenov.an@mail.ru

Рассматриваются вопросы методологии сборки резьбовых соединений газотурбинных двигателей по характеристикам колебательных процессов, возбуждаемых в узлах с помощью ультразвуковых колебаний. Приведен способ адаптивного контроля степени затяжки резьбовых соединений, обеспечивающий возможность определить качество сборки по характеру амплитудно-частотной характеристики.

Резьбовое соединение, контроль силы затяжки, динамические характеристики, колебательный процесс

Quality Assurance of Assembling of GTE Threaded Joints by Ultrasonic Treatment upon the Required Strength Criterion

V.G. SHUVAEV, V.V. NEPOMILUEV, A.N. RYKUNOV, AND A.N. SEMENOV

The paper highlights the issues of methodology for GTE threaded joints assembly upon the characteristics of oscillatory processes generated in the joints by ultrasonic vibrations. The paper provides the method for adaptive control of the degree of tightening of threaded joints that ensures the ability to determine the quality of the assembly by the nature of the amplitude-frequency response.

Threaded joint, tightening force gaging, dynamic behavior, oscillatory process