

САМОЛЕТОСТРОЕНИЕ

УДК 629.01

НА ПУТИ К СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

*Н.Г.Буньков, докт. физ.-матем. наук; А.Ю.Баданов;
Р.А.Рызванов (ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского»)*

E-mail: nbunkov@mail.ru

Показан переход отечественной авиационной отрасли от применения CALS технологий к применению практик системной инженерии.

Ключевые слова: CALS технологии, системная инженерия, уровни готовности технологий.

ON ROUTE TO SYSTEMS ENGINEERING IN NATIONAL AVIATION INDUSTRY.

N.G.Bunkov, Dr.Phys-Mathem.Sc; A.Yu.Badanov; R.A.Ryzvanov.

Transfer from CALS technology to systems engineering practices in national aviation industry is shown.

Keywords: CALS-technology, systems engineering, technology readiness level.

УДК 623.4.017, 629.039.58

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БЛИЖНЕ-, СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА

*С.М.Мусин, докт. техн. наук; В.А.Калий, докт. техн. наук;
С.А.Васильев, канд. техн. наук; А.В.Резниченко;
А.С.Щупаков (АО «УАПО»); Э.О.Алексеев, канд. техн. наук
(Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»)*

E-mail: smusin@tdhc.ru -

Рассмотрены результаты теплового расчета и экспериментальные данные опытных образцов выпрямительного устройства ТВУ-9К при работе в высотном режиме (охлаждение заборным воздухом с отрицательной температурой и пониженным давлением).

Ключевые слова: источники вторичного электропитания, выпрямительные устройства, трансформаторные выпрямительные устройства, преобразователи электроэнергии.

HEAT MODE OF FUNCTIONING OF THE TRANSFORMER RECTIFIER OF A NEAR, MIDDLE AIRCRAFT. *S.M.Musin, Dr.Techn.Sc; V.A.Kaliy, Dr.Techn.Sc; S.A.Vasiliev, Cand.Techn.Sc; A.V.Reznichenko; A.S.Shchupakov; E.O.Alekseev, Cand.Techn.Sc.*

Discusses the results of thermal calculation and experimental data of prototypes of the rectifier device TVU-9K when operating in high-altitude mode (cooling with outside air with negative temperature and low pressure).

Keywords: secondary power sources, rectifier devices, transformer rectifier devices, electric power converters.

УДК 629.7 07

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПЕРЗВУКОВОГО САМОЛЕТА НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ И ТРАЕКТОРИИ ПРИ НАБОРЕ ВЫСОТЫ

*В.Л.Балакин, докт. техн. наук; М.М.Крикунов, канд. техн. наук
(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева)*

E-mail: krikunov.mm@ssau.ru

Приведены результаты анализа оптимальных программ управления и траекторий движения при наборе высоты гиперзвукового самолета в зависимости от двух проектных параметров – начальной массы и начальной тяговооруженности.

Ключевые слова: гиперзвуковой самолёт, набор высоты, разгон, программа угла атаки, оптимальное управление, минимум массы топлива, метод принципа максимума.

CHARACTERISTICS OF HYPERSONIC VEHICLE AND THEIR INFLUENCE ON OPTIMAL CONTROL PROGRAMS AND FLIGHT PATHS IN CLIMB. *V.L.Balakin, Dr.Techn.Sc; M.M.Krikunov, Cand.Techn.Sc.*

The research represents results of the analysis of optimal control programs and motion trajectories for hypersonic aircraft climb depending on two design parameters (initial total mass and initial thrust-to-weight ratio).

Keywords: hypersonic vehicle, climb, acceleration, angle-of- attack schedule, optimal control, fuel mass minimum, maximum principle method, initial mass, initial thrust-to-weight ratio.

УДК 621.45.01

ОЦЕНКА РЕАЛИЗУЕМОСТИ ТРЕБОВАНИЙ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА РАЗРАБОТКУ САМОЛЕТА И ЕГО СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Е.С.Шапошников (ПАО «Туполев»);

А.Н.Андрецов (УВП МО РФ, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))

E-mail: Essh91@mail.ru

Рассмотрен подход по количественной оценке реализуемости требований тактико-технического задания на начальном этапе проектирования.

Ключевые слова: авиационный комплекс, силовая установка, случайная величина, вероятность, методы оценки уровня риска, эскизно-технический проект, реализуемость требований.

EVALUATION OF THE FEASIBILITY OF THE REQUIREMENTS OF THE TACTICAL AND TECHNICAL TASK FOR THE DEVELOPMENT OF THE AIRCRAFT AND ITS POWER PLANT.

E.S.Shaposhnikov; A.N.Andretsov.

The article considers an approach to quantify the feasibility of the requirements of the tactical and technical task at the initial stage of design.

Keywords: aircraft, power plant, random variable, probability, methods for assessing the level of risk, draft and technical design, feasibility of requirements.

УДК 629.73

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА МАГИСТРАЛЬНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

*А.А.Горбунов, канд. техн. наук; А.Д.Припадчев, докт. техн. наук
(Оренбургский государственный университет)*

E-mail: gorbynovaleks@mail.ru; apripadchev@mail.ru

Предложен новый подход к проектированию и формированию облика магистрального воздушного судна, позволяющих делать выбор состава рациональных проектно-конструкторских параметров на ранних стадиях и этапах проектирования. Такой подход основан на высокоточных методах моделирования, коррелирующих с физическим экспериментом.

Ключевые слова: воздушное судно, выбор параметров, формальная модель, вектор параметров, многопараметрический подход, моделирование, законцовка, физический эксперимент.

DESIGNING AND FORMING SHAPE OF THE MAIN AIRCRAFT.

A.A.Gorbunov, Cand.Techn.Sc; A.D.Pripadchev, Dr.Techn.Sc.

The authors propose a new approach to designing and formation of the main aircraft shape. This approach enables selection of the composition of rational design and engineering parameters at early design stages. It is based on high-precision modeling techniques that correlate with the physical experiment.

Keywords: aircraft, choice of parameters, formal model, vector of parameters, multi-parameter approach, modeling, winglet, physical experiment.

ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

УДК 621.454.3.038.74

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ИЗ КАРБОНИТРИДА ТИТАНА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ ОСНОВЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОДШИПНИКА РЕДУКТОРА ДВИГАТЕЛЯ ПД-14

*М.В.Силуянова, докт. техн. наук; А.О.Фертиков (Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет))*

E-mail: dc2mati@yandex.ru

Разработан аналитический метод прогнозирования прочности сцепления керамических покрытий с металлическим материалом основы, который учитывает широкий спектр факторов, оказывающих влияние на прочность сцепления.

Ключевые слова: покрытия, сцепление покрытия, титановые покрытия, керамоматричные покрытия, керамоматричные композиты, подшипники скольжения, карбонитрид титана.

CALCULATING THE STRENGTH OF COUPLINGS OF COATINGS WITH THE MATERIAL
OF THE BASIS. *M.V.Siluyanov, Dr.Techn.Sc; A.O.Fertikov.*

An analytical method has been developed for predicting the adhesion strength of ceramic coatings with on metal materials, which takes into account a wide range of factors affecting the adhesion strength.

Keywords: coatings, titanium coatings, ceramic coating, ceramic composites, plain bearings, titanium carbonitride.

УДК 62-681; 536-245

ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА МГТД

С.С.Ремчуков (ЦИАМ им. П.И. Баранова);

*Н.Л.Ярославцев, канд. техн. наук (Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет))*

E-mail: remchukov.sviatoslav@yandex.ru; yaroslavcevn1@mati.ru

Проведена верификация методики автоматизированного проектирования и расчета теплообменника для малоразмерного газотурбинного двигателя. Установлена близкая сходимость результатов, полученных с помощью рассмотренной методики, с экспериментальными данными.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменник, автоматизированное проектирование и расчет, верификация методики.

VERIFICATION OF COMPUTER-AIDED DESIGN AND CALCULATION OF PLATE HEAT EXCHANGER SGTE METHODOLOGY. *S.S.Remchukov; N.L.Yaroslavtshv, Cand.Techn.Sc.*

Verification of the methodology of computer-aided design and calculation of the heat exchanger for a small-sized gas turbine engine was carried out. Close convergence of the results obtained using of the considered methodology with experimental data is revealed.

Keywords: plate heat exchanger, computer-aided design and calculation, verification of methodology.

УДК 621.458

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

А.Н.Грунин; М.В.Силуянова, докт. техн. наук (Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет))

E-mail: grunin.anton@mail.ru

Рассмотрен вопрос математического моделирования комбинированной силовой установки турбопрямоточного типа с общей форсажно-прямоточной камерой сгорания и коаксиальным расположением прямоточного и газотурбинного контуров. Разработанная модель функционирования КСУ позволяет определять как внутренние, так и эффективные тягово-экономические характеристики и проводить поисковые исследования силовой установки на этапе формирования проектных параметров высокоскоростных ЛА.

Ключевые слова: гиперзвуковой летательный аппарат, комбинированная силовая установка, входное устройство, форсажно-прямоточная камера сгорания, эффективные характеристики, прямоточный контур, число Маха.

MATHEMATICAL MODELING OF COMBINED PROPULSION SYSTEM. *A.N.Grunin; M.V.Silyanova, Dr.Techn.Sc.*

The article discusses the issue of mathematical modeling of combined propulsion system with a common afterburner and a coaxial arrangement of the direct-flow and gas turbine circuits. The developed model of the combined propulsion system makes it possible to determine both internal and effective traction and economic characteristics and to carry out exploratory studies of the propulsion system at the stage of forming the design parameters of hypersonic aircraft.

Keywords: hypersonic aircraft, mathematical modeling, combined propulsion system, intake, afterburner, effective characteristics, ramjet, Mach number.

УДК 67.05:672.1

ПОДГОТОВКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИМИТАЦИИ ОБЛЕДЕНЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ САМОЛЕТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНОЙ SLA-ТЕХНОЛОГИИ

*В.Д.Вермель, докт. техн. наук; А.В.Левицкий;
П.М.Николаев, докт. техн. наук; А.А.Никуленко; А.О.Шардин;
А.А.Юстус (ФГУП «ЦАГИ имени проф. Н.Е. Жуковского»);
А.В.Егоров, канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана);
В.В.Внук (ИПЛИТ РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН)*

E-mail: npk@tsagi.ru

Рассмотрены вопросы разработки и изготовления имитаторов обледенения на аэродинамических моделях самолетов. Показана целесообразность применения полимерных материалов для моделирования льда с использованием лазерной стереолитографии (SLA-технологии). Приведено описание разработанной конструкции накладок, имитирующих обледенение. Представлен алгоритм построения математической модели поверхности льда с характерной шероховатостью.

Ключевые слова: летательный аппарат, обледенение, стереолитография, математическая модель, аэродинамическая модель.

PREPARATION OF DIGITAL MODELS FOR SIMULATING ICING OF AIRCRAFT AERODYNAMIC SURFACES FOR MANUFACTURING USING ADDITIVE SLA-TECHNOLOGY.

*V.D.Vermel, Dr.Techn.Sc; A.V.Levitskiy; P.M.Nikolaev, Dr.Techn.Sc; A.A.Nikulenko;
A.O.Shardin; A.A.Yustus; A.V.Egorov, Cand.Techn.Sc; V.V.Vnuk.*

The issues of the development and manufacture of icing imitators on aerodynamic models of aircraft are considered. The expediency of using polymer materials for ice modeling by using laser stereolithography (SLA-technology) is shown. The description of the developed design of the overhead plates that imitate icing is given. An algorithm for creation an ice surface mathematical model with a specific roughness is presented.

Keywords: aircraft, icing, stereolithography, mathematical model, aerodynamic model.

УДК 629.73.015.4 (539.4)

ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЛА, НАПЕЧАТАННЫХ МЕТОДОМ ВЫБОРОЧНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

*А.П.Ворошилин; А.В.Торпачев, канд. техн. наук
(Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет))*

E-mail: stk1996@mail.ru

Рассмотрены способы, позволяющие упростить проведение испытаний на прочность конструкций ЛА, напечатанных методом выборочного лазерного спекания. Приведены особенности применения методик испытаний изделий ракетно-космической техники, изготовленных с помощью аддитивных технологий.

Ключевые слова: выборочное лазерное спекание, аддитивные технологии, 3D печать, математическое моделирование, обеспечение прочности, испытания.

STRENGTH TESTS OF AIRCRAFT STRUCTURES PRINTED BY SELECTIVE LASER SINTERING.

A.P.Voroshilin; A.V.Torpachev, Cand.Techn.Sc.

Methods that allow simplifying the strength testing of aircraft structures printed by selective laser sintering are considered. Features of application of methods of tests of products of aerospace equipment made by means of additive technologies are given.

Keywords: selective laser sintering, additive technologies, 3D printing, mathematical modeling, strength assurance, testing.

УДК 536.24

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕЖОПЕРАЦИОННОГО ПРИПУСКА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЗАКАЛОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

*А.С.Бачурин (ООО «Энергозапас»); Н.А.Рынгач, канд. техн. наук;
Н.В.Курлаев, докт. техн. наук (Новосибирский государственный
технический университет)*

E-mail: ryngach@corp.nstu.ru

Исследуется влияние величины припуска, оставляемого перед закалкой для последующей механической обработки, на технологическую наследственность. Предложен новый показатель, снижающий величину поводок как заготовки после закалки, так и детали после механической обработки.

Ключевые слова: межоперационный припуск, термическая обработка, механическая обработка.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL MACHINING ALLOWANCE FOR MINIMIZING QUENCHING DEFORMATIONS. *A.S.Bachurin; N.A.Ryngach, Cand.Techn.Sc; N.V.Kurlaev, Dr.Techn.Sc.*

The influence of allowance value on residual hardening stresses is researched. A new indicator is proposed to compare the effect of different values of the interoperative allowance for hardening on the workpiece leashes. The results of the change in the value of the allowance in the technological process of production of large-sized parts of modern civil interregional aircraft using the new indicator proposed by the authors are presented.

Keywords: machining allowance, heat treatment, machining.

УДК 629.7

КРУПНОРАЗМЕРНЫЕ ПОЛУМОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБТЕКАНИЯ И ОТРАБОТКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОМПОНОВОК ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ

*В.Д.Вермель, докт. техн. наук; А.Н.Казимилова; А.В.Левицкий;
И.Л.Чернышев, канд. техн. наук; А.О.Шардин
(ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского»)*

E-mail: vermel@tsagi.ru, npk@tsagi.ru

Рассмотрены направления экспериментальных исследований характеристик аэродинамических компоновок магистральных самолетов. Такие исследования проводятся с применением крупноразмерных полумоделей в трансзвуковой трубе Т-128. Дано описание конструкции и технологии изготовления крупноразмерных аэродинамических полумоделей для трубных испытаний.

Ключевые слова: аэродинамические исследования, число Рейнольдса, крупноразмерная аэродинамическая полумодель, конструкция, технология изготовления.

LARGE-SCALE HALF-MODELS FOR FLOW RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AERODYNAMIC CONFIGURATIONS OF CIVIL AIRCRAFT. *V.D.Vermel, Dr.Techn.Sc; A.N.Kazimirova; A.V.Levitsky; I.L.Chernyshev, Cand.Techn.Sc; A.O.Shardin.*

The paper considers experimental research directions aimed at investigating characteristics of the long-range aircraft aerodynamic configurations. The study was carried out with the use of largescale half-models in the T-128 transsonic wind tunnel. A description of the design and manufacturing technology of largescale aerodynamic half-models for wind tunnel tests is given.

Keywords: aerodynamic research, Reynolds number, largescale aerodynamic half-model, design, manufacturing technology.

УДК 621.3

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОТОКОВ ГАЗО-МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ
НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО
КОМПОЗИТА МЕТАЛЛ–ПОКРЫТИЕ ПРИ ИХ ВЗАИМО-
ДЕЙСТВИИ С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

*Л.М.Петров, докт. техн. наук; А.Н.Смирнова, канд. техн. наук;
В.Д.Семёнов (ОАО «Национальный институт авиационных технологий»);
К.В.Григорович, акад. РАН; Г.С.Спрыгин, канд. техн. наук
(Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН)*

E-mail: info@niat.ru; grigorovichkv@gmail.com

Исследовано влияние технологических параметров газо-металлического плазменного потока на процесс взаимодействия с обрабатываемой поверхностью конструкционных металлических материалов. Показано, что энергетическое взаимодействие плазменных потоков с обрабатываемой поверхностью является основным фактором, определяющим эффективность диффузионных процессов и их влияние на формирование структуры и свойств композиционного поверхностного слоя.

Ключевые слова: конструкционные металлические материалы, упрочняющая поверхностная вакуумная ионно-плазменная обработка, плазма, аргон, азот, вакуум, поверхность, энергетическое состояние поверхностного слоя, микротвердость, послойный химический состав, композиционный поверхностный слой.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF GAS-METAL PLASMA FLOWS ON THE PROCESS OF FORMING A METAL–COATING SURFACE COMPOSITE DURING THEIR INTERACTION WITH THE TREATED SURFACE. *L.M.Petrov, Dr.Techn.Sc; A.N.Smirnova, Cand.Techn.Sc; V.D.Semionov; K.V.Grigorovich, Acad. of RAS; G.S.Sprygin, Cand.Techn.Sc.*

The influence of technological parameters of the gas-metal plasma flow on the process of interaction with the treated surface of structural metal materials is studied. It is shown that the energy interaction of plasma flows with the treated surface is the main factor determining the efficiency of diffusion processes and their influence on the formation of the structure and properties of the composite surface layer.

Keywords: structural metal materials, strengthening surface vacuum ion-plasma treatment, plasma, argon, nitrogen, vacuum, composite surface layer.

КАЧЕСТВО, НАДЕЖНОСТЬ,
РЕСУРС

УДК 621.45.01

**АНАЛИЗ РИСКОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Е.С.Шапошников (ПАО «Туполев»);

А.Н.Андрецов (УВП МО РФ, Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет))

E-mail: Essh91@mail.ru; 3212594@mail.ru

Обоснована необходимость оценки рисков создания авиационной техники на начальном этапе проектирования.

Ключевые слова: авиационная техника, начальный этап проектирования, реализуемость требований, оценка уровня риска.

RISK ANALYSIS AT THE INITIAL STAGE OF AIRCRAFT DESIGN. *E.S.Shaposhnikov;*
A.N.Andretsov.

The article considers the need to assess the risks of creating aviation equipment at the initial stage of design.

Keywords: aviation technology, the initial design stage, feasibility of requirements, risk assessment.

УДК 539.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОСКОГО ГИБКОГО СТЕРЖНЯ

В.Д.Вермель, докт. техн. наук (ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского»);

А.В.Егоров, канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана);

В.Н.Егоров, докт. техн. наук (ОАО «Национальный институт авиационных технологий»)

E-mail: antegor177@mail.ru

Экспериментально исследована устойчивость центрально сжатых гибких стержней двух типов: без выреза и с малым вырезом, имитирующим допускаемые технологические отклонения. Проведено сравнение экспериментально найденных критических сил с классической силой Эйлера и с конечно-элементным расчетом в программе LS-DYNA с учетом начальных несовершенств формы стержня.

Ключевые слова: экспериментальная оценка устойчивости, плоский гибкий стержень, потеря устойчивости, критические нагрузки, расчет.

EXPERIMENTAL ESTIMATION OF A FLAT FLEXIBLE BAR STABILITY.

V.D.Vermel, Dr.Techn.Sc; A.V.Egorov, Cand.Techn.Sc; V.N.Egorov, Dr.Techn.Sc.

The paper experimentally investigates stability of axially loaded flexible bars of two types: without a cut-out and with a small cut-out, imitating the permissible technological deviations. The experimentally found critical forces are compared with the classical Euler force and with the finite element calculation in the LS-DYNA program, taking into account the initial imperfections of the bar shape.

Keywords: experimental assessment of stability, flat flexible bar, buckling, critical loads, calculation.

УДК 629.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩИХ ВЕРТОЛЕТНЫХ ВИНТОВ

Ю.Ю.Евдокимов; М.М.Еремин; И.В.Трифонов; А.В.Усов
(ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского»)

E-mail: vermel@tsagi.ru, npk@tsagi.ru

Рассмотрено расчетно-экспериментальное определение аэродинамической нагрузки на крупномасштабные модели лопастей несущих вертолетных винтов при их вращении на винтовом приборе в потоке воздуха в рабочей части аэродинамической трубы.

Ключевые слова: крупномасштабная модель лопасти, несущий винт вертолета, винтовой прибор, аэродинамическая нагрузка, перерезывающая сила, изгибающий момент.

DETERMINATION OF AERODYNAMIC LOADS FOR THE DEVELOPMENT OF LARGE-SIZE MODELS OF HELICOPTER ROTOR BLADES. *Yu.Yu.Evdokimov; M.M.Eremin; I.V.Trifonov; A.V.Usov.*

The paper considers computational and experimental determination of the aerodynamic load on large-scale models of helicopter rotor blades when they rotate on a rotor device in the air flow in the working section of the wind tunnel.

Keywords: large-scale model of the blade, helicopter main rotor, aerodynamic load, shear force, bending moment.

УДК 629.7.01:539.32:539.41

УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНОСЛОЕВ В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ ОБШИВОК КЕССОНА КРЫЛА САМОЛЕТА

А.И.Олейников, докт. физ.-мат. наук

(ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского»); Т.А.Кузьмина (МФТИ)

E-mail: tatyana.kuzmina@phystech.edu

Для расчетов обшивки из слоистых полимерных композиционных материалов (ПКМ) требуются упруго-прочностные характеристики ее монослоев. В качестве таких характеристик принимаются данные испытаний соответствующего отдельно заполимеризованного однонаправленного листа. Свойства этого листа существенно отличаются от характеристик монослоев заполимеризованных и работающих вместе с соседними слоями разной ориентации в составе композиционного пакета. Представлен метод определения упруго-прочностных характеристик монослоев в составе пакета. Показаны результаты применения данного подхода по результатам прямых испытаний образцов типовых ПКМ из деталей-свидетелей обшивки. Проведено сравнение результатов расчетов по этой методике и результатов испытаний однонаправленных композитов и материала обшивок.

Ключевые слова: монослой, обшивка, упругие и прочностные характеристики.

ELASTIC-STRENGTH CHARACTERISTICS OF PLYS IN COMPOSITE MATERIALS
OF AIRCRAFT WING BOX SKIN. *A.I.Oleinikov, Dr.Phys.-Math.Sc; T.A.Kuzmina*

Calculating of laminated polymer composite materials (PCM) requires elastic-strength characteristics of the plies. They are accepted as test data of the relevant polymerized unidirectional sheet. However, the properties of such a sheet differ significantly from those of a ply in the package. The reason that the ply is polymerized and worked with adjacent plies of different orientations. The method to determine the elastic-strength characteristics of plies are presented. Input data of this method are the results of direct tests of PCM from cover control samples. The results of the application of this method to typical PCM are given. The calculation results and the test data of unidirectional composite and skin are compared.

Keywords: ply, skin, elastic-strength characteristics.

УДК 629.083:629.021:67.019

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА СТРИНГЕРНЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ПКМ С НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УДАРНЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

*В.Д.Вермель, докт. техн. наук; В.И.Гришин, докт. техн. наук;
Ю.Ю.Евдокимов; В.В.Зиняев; И.Н.Качарава; С.М.Наумов;
А.А.Никуленко; С.А.Титов, канд. техн. наук;
В.И.Бузулук, докт. техн. наук; Л.Л.Чернышев, канд. техн. наук;
В.Н.Семенов, докт. техн. наук (ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского»);
А.Ю.Ампологов, канд. техн. наук (ПАО «Корпорация ИРКУТ»)*

E-mail: npk@tsagi.ru

Предложен способ проектировочного расчета восстановительного ремонта стрингерных панелей обшивок из полимерных композиционных материалов (ПКМ) агрегатов авиационных конструкций, получивших низкоэнергетические ударные повреждения. Расчет выполняется для панелей из ПКМ, имеющих многослойную ортотропную укладку.

Ключевые слова: композиционные материалы, ударные повреждения, ремонт, проектировочный расчет, метод конечных элементов.

ESTIMATED CALCULATION OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL STRINGER PANELS REPAIR WITH LOW-ENERGY SHOCK DAMAGES. *V.D.Vermel, Dr.Techn.Sc; V.I.Grishin, Dr.Techn.Sc; Y.Y.Evdokimov; V.V.Zinyaev; I.N.Kacharava; S.M.Naumov; A.A.Nikulenko; S.A.Titov, Cand.Techn.Sc; V.I.Buzuluk, Dr.Techn.Sc; L.L.Chernishev, Cand.Techn.Sc; V.N.Semenov, Dr.Techn.Sc; A.Y.Ampilov, Cand.Techn.Sc.*

The design calculation method of stringer panel's restoration repair of aircraft structural skins with low-energy impact damages is proposed. The calculation is performed for panels made of polymeric composite materials with multilayer orthotropic stacking.

Keywords: composite materials, impact damage, repair, design calculation, finite element method.

УДК 620.178

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛА

*Н.И.Ковалев*¹; *В.С.Ерасов*², канд. техн. наук;

*Р.В.Воронков*¹, канд. техн. наук; *В.Д.Вермель*¹, докт. техн. наук;

*И.Е.Ковалев*¹, докт. техн. наук; *А.Б.Корнилов*¹, канд. техн. наук;

*С.В.Гладковский*³, докт. техн. наук

¹ Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского;

² Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов;

³ Институт машиноведения УрО РАН

E-mail: Kovalev@tsagi.ru

Предложен метод оценки негативного влияния технологической наследственности, связанной с предварительным пластическим растяжением металлического материала, на ресурс авиационных конструкций.

Ключевые слова: предел выносливости, предварительные пластические деформации, ресурсные характеристики.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL HEREDITY ON THE FATIGUE RESISTANCE OF AIRCRAFT STRUCTURAL ELEMENTS. *N.I.Kovalev*;

V.S.Erasov, Cand.Techn.Sc; R.V.Voronkov, Cand.Techn.Sc; V.D.Vermel, Dr.Techn.Sc;

I.E.Kovalev, Dr.Techn.Sc; A.B.Kornilov, Cand.Techn.Sc; S.V.Gladkovsky, Dr.Techn.Sc.

A method proposed for assessing the negative impact of technological heredity is associated with preliminary plastic stretching of a metal material on the life of aircraft structures.

Keywords: limit endurance, preliminary plastic deformation, resource characteristics.

УДК 629.735.33 0187

ПРИНЦИП КОРРЕКЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОГРАММ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Я.Стерлин, докт. техн. наук (ФГУП «ЦАГИ имени проф. Н.Е. Жуковского»)

E-mail: andrey.sterlin@tsagi.ru

Изложен принцип коррекции экстремальных точек циклических программ нагружения при усталостных испытаниях, повышающий точность нагружения и определения фактического ресурса испытываемых изделий.

Ключевые слова: прочностные испытания, ресурс, программы нагружения, усталость конструкций.

PRINCIPLE OF CORRECTING CYCLIC LOADING PROGRAMS DURING FATIGUE TESTS OF AIRCRAFT STRUCTURES. *A.Ya.Sterlin, Dr.Techn.Sc.*

Principle of correcting extreme points of cyclic loading programs during fatigue tests is described, which increases the accuracy of loading and determination of useful life of tested products.

Keywords: strength tests, service life, loading program, structural fatigue.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.242

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ ПРИ РЕОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПО МОДЕЛИ «ИНДУСТРИЯ 4.0»

*Р.О.Сироткин, канд. техн. наук; Б.И.Волостнов, канд. техн. наук
(Национальная технологическая палата);*

*Н.И.Байдакова, канд. социол. наук; Н.А.Романченко, канд. педагогич. наук
(Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет))*

E-mail: rostsir@gmail.com

Рассмотрены основные положения модели «Индустрии 4.0» и факторы, определяющие модель. Проанализированы возможности перехода высокотехнологичных корпораций к новому технологическому укладу на основе менеджмента качества и менеджмента знаний.

Ключевые слова: модель «Индустрия 4.0», менеджмент знаний, стандарты менеджмента знаний, управление качеством.

MANAGEMENT OF KNOWLEDGE BY REORGANIZATION OF PRODUCTION
OF THE INDUSTRY 4.0 MODEL. *R.O.Sirotkin, Cand.Techn.Sc; B.I.Volostnov, Cand.Techn.Sc;
N.I.Baydakova, Cand.Soc.Sc; N.A.Romanchenko, Cand.Educ.Sc.*

The article considers basic provisions of model «Industry 4.0» and the factors defining the model. The possibilities of transition of hi-tech corporations to new technological way based on quality management and management of knowledge are analyzed.

Keywords: Industry 4.0 model, management of knowledge, standards of management of knowledge, quality management.

УДК 629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ИСПЫТАНИЯХ ИЗДЕЛИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

*А.А.Дюстер; А.В.Торпачев, канд. техн. наук
(Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет))*

E-mail: stk1996@mail.ru

Рассмотрены методы управления потоками информации при производстве и испытаниях изделий аэрокосмической техники для улучшения их качества.

Ключевые слова: потоки информации, автоматизация, обработка данных, аэрокосмическая техника.

RESEARCH OF METHODS OF INFORMATION FLOW MANAGEMENT IN THE PRODUCTION AND TESTING OF AEROSPACE EQUIPMENT. *A.A.Dyuster; A.V.Torpachev, Cand.Techn.Sc.*

Methods of information flow control in the production and testing of aerospace products to improve their quality are considered.

Keywords: information flows, automation, data processing, aerospace technology.