

# САМОЛЕТОСТРОЕНИЕ

УДК 533.6.072

## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ТРАНСЗВУКОВЫХ ДРЕНИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ЛА

*Р.А.Черноволов (Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского)*

E-mail: r.chernovolov@gmail.com

Трансзвуковые дренированные динамически подобные модели летательных аппаратов позволяют проводить исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и динамической реакции упругой конструкции ЛА.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, аэроупругость, динамически подобная модель.

USING OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF TRANSONIC DRAINED AIRCRAFT MODELS. *R.A.Chernovolov.*

Transonic drained dynamically scaled models of aircraft allow studies in the wind tunnels of unsteady aerodynamic loads and the dynamic response of the elastic structure of the aircraft.

**Keywords:** additive technologies, aeroelasticity, dynamically scaled model.

УДК 536.242

## АВИАЦИОННЫЙ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОР БЛИЖНЕ-, СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЁТА

*С.М.Мусин*, докт. техн. наук; *В.А.Калий*, канд. техн. наук;  
*А.В.Резниченко* (АО «Технодинамика»)

E-mail: smusin@tdhc.ru

Представлены результаты проектного расчета и испытаний стартер-генератора с электромагнитным возбуждением типа ГСР-120/90, созданного по программе импортозамещения для системы электроснабжения воздушного судна МС-21.

**Ключевые слова:** электрический генератор, синхронный генератор, расчет синхронного генератора, проектирование синхронного генератора.

AVIATION STARTER-GENERATOR NEAR, MEDIUM-RANGE AIRCRAFT. *S.M.Musin, Dr.Techn.Sc;*  
*V.A.Kaliy, Cand.Techn.Sc; A.V.Reznichenko.*

In given article results of design calculation and tests of electrotechnical characteristics of the starter-generator with electromagnetic excitation of type GSR-120/90 created under the program of import of replacement for system of an electrical supply of aircraft MS-21 are presented.

**Keywords:** the electric generator, the synchronous generator, calculation of the synchronous generator, designing of the synchronous generator.

УДК 629.7.01

## ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОБЛИКА ДАЛЬНЕГО МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА В СХЕМЕ «ЛЕТАЮЩЕЕ КРЫЛО»

*Е.Е.Бобырь; В.И.Бузулук, докт. техн. наук; Б.И.Гуревич, канд. техн. наук;  
И.Е.Ковалёв, докт. техн. наук; Д.С.Курочкин (Центральный аэрогидро-  
динамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского)*

E-mail: vbuzuluk@yandex.ru

Выполнен сравнительный анализ основных геометрических параметров самолета классической схемы и схемы ЛК при одинаковой пассажировместимости. Дана оценка возможного увеличения аэродинамического качества при переходе от классической схемы пассажирского самолета к интегральной схеме типа «летающее крыло».

**Ключевые слова:** аэродинамическое качество, компоновка пассажирского салона, летающее крыло, пассажировместимость, рациональная аэродинамическая компоновка.

DESIGN OF EFFICIENT CONFIGURATION FOR LONG-HAUL AIRCRAFT OF THE «FLYING WING» TYPE. *E.E.Bobyry; V.I.Buzuluk, Dr.Techn.Sc; B.I.Gurevich, Cand.Techn.Sc; I.E.Kovalev, Dr.Techn.Sc; D.S.Kurochkin.*

A comparative analysis of main geometric parameters of classic and «flying wing» configurations under the same passenger capacity is carried out. An estimation of the possible increase of L/D ratio under transformation from the classic configuration to the integral «flying wing» layout is possible.

**Keywords:** efficient aerodynamic configuration, flying wing, layout formation, L/D ratio, passenger capacity, passenger compartment layout.

# ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

УДК 629.7.03.018

## РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ТЕЧЕНИЯ СМАЗКИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ПОДШИПНИКЕ СКОЛЬЖЕНИЯ РЕДУКТОРА АВИАДВИГАТЕЛЯ

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

E-mail: dc2mati@yandex.ru

Предложены методика предварительного расчета течения смазки при проектировании подшипниковых узлов и математический комплекс, позволяющий с высокой степенью точности определять исходные геометрические параметры подшипника и параметры его работы на разных режимах.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, подшипник скольжения, течение смазки.

CALCULATION OF THE LUBRICATION FLOWING PROCESS IN A CYLINDRICAL SLIDING BEARING FOR REDUCER AVIATION ENGINE. *M.V.Siluyanov, Dr.Techn.Sc; A.O.Fertikov.*

At this work has been developed technique for the preliminary calculation of lubricant flow for the design of bearing assemblies, and a mathematical complex has been developed that allows determining the initial geometrical parameters of a bearing with a high degree of accuracy and predicting the parameters of its operation in different modes.

**Keywords:** gas turbine engine, bearing, lubrication current.

УДК 621.6.052.6

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАСЛЯНОЙ ПОЛОСТИ ОПОРЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

*А.И.Гулиенко, канд. техн. наук; Л.С.Яновский, докт. техн. наук;  
Ю.М.Щуровский; А.А.Молоканов, канд. техн. наук  
(ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»)*

E-mail: molokanov@ciam.ru

Приведены результаты расчетно-экспериментальных исследований процессов в электроприводной системе смазки с имитатором масляной полости (МП) газотурбинного двигателя. Выявлены особенности процессов в МП и предложена физико-математическая модель происходящих явлений. Математическая модель МП верифицирована расчетными исследованиями.

**Ключевые слова:** маслосистема, физико-математическая модель, масляная полость.

MATHEMATICAL MODEL OF OIL CAVITY OF GAS TURBINE ENGINE.

*A.I.Gulienko, Cand.Tech.Sc; L.S.Yanovskiy, Dr.Tech.Sc; Yu.M.Shchurovsky;  
A.A.Molokanov, Cand.Tech.Sc.*

The results of computation and experimental studies of processes in the electric drive lubricating system with the simulator of an oil cavity of a gas turbine engine are presented. The features of the processes in the oil cavity are identified and the physical and mathematical models of the occurring phenomena are proposed. The mathematical model of the oil cavity is verified by design studies.

**Keywords:** oil system, physical-mathematical model, oil cavity.

УДК 533.661

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МАССОВО-ИНЕРЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МОДЕЛЕЙ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩИХ ВЕРТОЛЕТНЫХ ВИНТОВ ИЗ ПКМ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

*В.Д.Вермель, докт. техн. наук; Ю.Ю.Евдокимов;  
В.П.Кулеш, докт. техн. наук; И.В.Трифонов; А.В.Усов;  
Л.Л.Чернышев, канд. техн. наук; А.О.Шардин  
(ФГУП «ЦАГИ имени проф. Н.Е. Жуковского»)*

E-mail: npk@tsagi.ru

Рассмотрены характерные при изготовлении лопастей моделей несущих вертолетных винтов из полимерных композиционных материалов погрешности геометрических и массовых характеристик в условиях опытного производства. Оценена необходимая корректировка закладываемой при конструировании расчетной массы конструкции, позволяющая выполнить требования к массово-инерционным характеристикам с использованием присоединяемых балансировочных грузов.

**Ключевые слова:** лопасть модели несущего вертолетного винта; производственные погрешности; масса и центр тяжести лопасти; вероятное отклонение от расчетной массы.

ENSURING REQUIREMENTS FOR MASS INERTIA CHARACTERISTICS OF HELICOPTER MAIN ROTOR BLADE MODELS OF COMPOSITE MATERIAL IN CONDITIONS OF MANUFACTURING INACCURACY. *V.D.Vermel, Dr.Techn.Sc; Y.Y.Evdokimov; V.P.Koulesh, Dr.Techn.Sc; I.V.Trifonov; A.V.Usov; L.L.Chernyshev, Cand.Techn.Sc; A.O.Shardin.*

The typical for standard designs and manufacturing techniques for blades of models of main helicopter rotor, errors of geometrical and mass characteristics that are possible during their manufacture from polymer composite materials under conditions of pilot production are considered. Estimated the necessary adjustment of the design to be used when designing the calculated mass is evaluated. These mass allows fulfilling the requirements for mass-inertial characteristics using attachable balancing loads.

**Keywords:** helicopter main rotor blade model; manufacturing inaccuracy; blade mass and center of gravity; probable calculated mass deviation.

УДК 678.06:621.64

## КОНСТРУКТИВНОЕ ПОВЫШЕНИЕ МЕЖСЛОЕВОЙ ПРОЧНОСТИ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНЫХ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

*А.В.Егоров, канд. техн. наук; М.М.Штрикман, докт. техн. наук;  
В.Н.Егоров, докт. техн. наук (ОАО «Национальный институт  
авиационных технологий»)*

E-mail: antegor177@mail.ru

Рассмотрены особенности напряженного состояния слоистых металлокомпозитных листовых деталей, важные при решении задач проектирования и конструирования подобных соединений. Представлен винтосварной способ соединения деталей из металлокомпозитных материалов, обеспечивающий герметичность и повышенную прочность соединения.

**Ключевые слова:** баллон высокого давления, лейнер, локальная устойчивость, температурная аналогия, цилиндрическая арка, распределенная нагрузка.

STRUCTURAL INTERLAMINAR STRENGTH INCREASE IN PERMANENT JOINTS OF METAL-COMPOSITE FLAT-PATTERN PARTS. *A.V.Egorov, Cand.Techn.Sc; M.M.Shtrikman, Dr.Techn.Sc; V.N.Egorov, Dr.Techn.Sc.*

The article considers stressed state characteristic properties of laminated metal-composite flat-pattern parts. These features are important for solving problems of designing and engineering of such joints. We present a screw-and-welding technique of joining elements from metal-composites. This practice ensures tightness and increased strength of joints.

**Keywords:** stressed state, metal-composite laminated parts, joining of laminated materials.

УДК 621.9.048

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ ГТД ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*А.Г.Бойцов, докт. техн. наук; Т.В.Токмакова, канд. техн. наук;  
В.И.Высоцкая, канд. техн. наук; С.Б.Маликов, канд. техн. наук  
(Московский авиационный институт (национальный  
исследовательский университет))*

E-mail: malikovsb@mati.ru

Приведены результаты исследований влияния параметров и режимов электроэрозионного фрезерования на эффективность обработки титанового сплава при вырезке из листового материала и обработке фасонных поверхностей.

**Ключевые слова:** электроэрозионное фрезерование, производительность, фасонная поверхность, энергия импульса.

INFLUENCE OF ELECTROEROSIVE MILLINGS ON PROCESSING OF DETAILS OF GTE FROM TITANIC ALLOYS. *A.G.Boitsov, Dr.Techn.Sc; T.V.Tokmakova, Cand.Techn.Sc; V.I.Vysotskaya, Cand.Techn.Sc; S.B.Malikov, Cand.Techn.Sc.*

The results of studies of the influence of parameters and modes of the electric discharge milling on the efficiency of processing a titanium alloy during cutting from sheet material and processing of contoured surfaces are given.

**Keywords:** electric discharge milling, productivity, cutting, contoured surface, pulse energy.



УДК 621.7

## ОСНАСТКА ДЛЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ МУФТ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

*У.Хасьянов, канд. техн. наук; Д.У.Хасьянова, канд. техн. наук  
(Институт машиноведения им. А.А. Благодирова РАН)*

E-mail: dinara.khasyanova@mail.ru

Представлена технологическая оснастка, используемая для деформирования муфт из сплава с эффектом памяти формы (нитинола) при криогенных температурах, применяемых в соединениях трубопроводов летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** термомеханические соединения, эффект памяти формы, соединение трубопроводов, деформирование муфт, оснастка для деформирования.

THE TOOLING FOR COUPLING DEFORMATION OF THERMOMECHANICAL CONNECTIONS  
FROM ALLOY WITH SHAPE MEMORY EFFECT. *U.Khasyanov, Cand.Tech.Sc.;  
D.U.Khasyanova, Cand.Tech.Sc.*

Presented of technological setting for coupling deforming from alloy with the shape memory effect (nitinol) at cryogenic temperature for aircraft pipeline connections.

**Keywords:** thermomechanical connection, shape memory effect (ESP), pipe coupling, coupling deformation, deformation tool.

УДК 539.3

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ПЛОСКОЙ ПАНЕЛИ ИЗ ПКМ С ВНУТРЕННИМИ ДЕФЕКТАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНОЙ НАГРУЗКИ

*А.Л.Медведский*<sup>1</sup>, докт. физ-матем. наук;

*М.И.Мартirosов*<sup>2</sup>, канд. техн. наук; *А.В.Хомченко*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Московский физико-технический институт (государственный ун-т)*

<sup>2</sup> *Московский авиационный институт (национальный исследовательский ун-т)*

<sup>3</sup> *ПАО «Корпорация “Иркут”»*

E-mail: khomchenkoanton@yandex.ru

Рассмотрено поведение плоской слоистой панели прямоугольной формы из однонаправленного полимерного композиционного материала при межслоевых дефектах под действием динамической нагрузки нестационарного характера. Определены поля распределения индексов разрушения панели с помощью критериев разрушения.

**Ключевые слова:** композитная панель, критерии разрушения композитов, межслоевой дефект, нестационарная нагрузка.

NUMERICAL RESEARCH OF FAILURE OF THE PLANE PANEL MADE POLYMER COMPOSITE MATERIAL WITH INTERNAL DEFECTS UNDER ACTION OF NONSTATIONARY LOAD.

*A.L.Medvedskiy, Dr.Phys.-Math.Sc; M.I.Martirosov, Cand.Techn.Sc; A.V.Khomchenko.*

The behavior of the squared flat layered panel from the unidirectional polymeric composite material at interlayered defects under the influence of dynamic load of non-stationary character is considered. Fields of distribution of indexes of destruction of the panel are defined by criteria of destruction.

**Keywords:** composite panel, composite failure criteria, interlaminar defect, nonstationary load.

УДК 621.791

## О СНИЖЕНИИ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*М.М.Штрикман, докт. техн. наук; А.С.Коледенков;  
А.В.Егоров, канд. техн. наук; В.Н.Егоров, докт. техн. наук  
(ОАО «Национальный институт авиационных технологий»)*

E-mail: antegor177@mail.ru

Исследовано влияние различных технологических параметров аргонодуговой сварки и последующей обработки сварных соединений на величину остаточных напряжений и качество соединения. Экспериментальная разработка процесса сварки и способов снижения остаточных напряжений проводилась на образцах из листового титанового сплава BT20 толщиной 1,5 мм. Установлена зависимость механических свойств соединений от способа снижения остаточных напряжений.

**Ключевые слова:** остаточные напряжения, титановые сплавы, аргоно-дуговая сварка, термическая обработка, прокатка, виброобработка.

ON REDUCING RESIDUAL STRESSES IN WELDED JOINTS OF SHEET TITANIUM  
STRUCTURES. *M.M.Shtrikman, Dr.Techn.Sc; A.S.Koledenkov; A.V.Egorov, Cand.Techn.Sc;  
V.N.Egorov, Dr.Techn.Sc.*

Influence of various process parameters of argonodugovy welding and further processing of weld joints on the size of residual tension and quality of connection is investigated. Experimental development of process of welding and ways of decrease in residual tension was carried out on samples from sheet titanic BT20 alloy by thickness 1,5 mm. The dependence of mechanical properties of connections on a way of decrease in residual tension is established.

**Keywords:** residual stresses, titanium alloys, argon-arc welding, heat treatment, rolling, vibratory processing.