

## **АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг2, ЛЕГИРОВАННОГО ТИТАНОМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl**

**И.Н. Ганиев, Ф.С. Давлатзода, Н.Ф. Иброхимов,  
Дж.Х. Джайлоев, Б.Ш. Нарзиев**

Потенциостатическим методом исследовано влияние добавок титана на коррозионно-электрохимическое поведение алюминий-магниевого сплава АМг2 в среде электролита NaCl. Установлено, что легирование уменьшает скорость коррозии исходного сплава в 1,5–2 раза.

**Ключевые слова:** сплав АМг2, титан, потенциостатический метод, электролит NaCl, потенциал свободной коррозии, потенциал коррозии, потенциал питтингообразования, скорость коррозии.

## **ANODE BEHAVIOR OF AMg2 ALUMINUM ALLOY DOPED BY TITANIUM IN THE NaCl ELECTROLYTE MEDIUM**

**I.N. Ganiev, F.S. Davlatzoda, N.F. Ibrokhimov,  
D.Kh. Dzhaloev, and B.Sh. Narziev**

The effect of titanium additives on the corrosion-electrochemical behavior of the AMg2 aluminum-magnesium alloy in the environment of the NaCl electrolyte was investigated by a potentiostatic method and it was found that doping reduces the corrosion rate of the original alloy 1.5–2.0 times.

**Keywords:** AMg2 alloy, titanium, potentiostatic method, NaCl electrolyte, potential of free corrosion, potential of corrosion, potential of pitting formation, corrosion rate.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНОЙ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ В ПРОЦЕССЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВЯЗКОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ПОТОКА «НЕФТЬ – ВОДА – СВЕРХКРИТИЧЕСКИЙ CO<sub>2</sub>» В ОДНОРОДНОЙ ОБВОДНЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР**

**И.Д. Закиев, А.В. Радаев, А.А. Мухамадиев, А.Н. Сабирзянов**

Создана экспериментальная установка для исследования процесса вытеснения нефти сверхкритическим CO<sub>2</sub> и оторочками сверхкритического CO<sub>2</sub> и воды из модели однородного пласта различной степени обводненности. На экспериментальной установке проведены исследования процесса многокомпонентной фильтрации систем «нефть – вода – сверхкритический CO<sub>2</sub>» на изотерме 313 К в интервале давлений до 14 МПа. Получены новые данные по коэффициенту вытеснения нефти вязкостью 38 мПа·с оторочками сверхкритического CO<sub>2</sub> и воды из однородной пористой среды. Результаты показали, что применение сверхкритического CO<sub>2</sub> в процессах фильтрации многокомпонентных пластовых систем позволяет дополнительно вытеснить вязкую нефть из пористой среды.

**Ключевые слова:** сверхкритический флюид, экспериментальная установка, многокомпонентная фильтрация, оторочка сверхкритического CO<sub>2</sub> и воды, коэффициент вытеснения нефти, остаточная водо- и нефтенасыщенность.

# **RESEARCH OF RESIDUAL OIL SATURATION IN THE FILTERING PROCESS OF VISCOUS MULTICOMPONENT FLOW “OIL–WATER–SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>” IN A UNIFORM WATERED POROUS MEDIUM OVER WIDE RANGES OF PRESSURE AND TEMPERATURE**

**I.D. Zakiev, A.V. Radaev, A.A. Mukhamadiev, and A.N. Sabirzyanov**

An experimental facility was created to study the process of displacing the oil with supercritical CO<sub>2</sub> and fringes of supercritical CO<sub>2</sub> and water from a homogeneous reservoir model of various degrees of water content. At the experimental facility, studies of the multicomponent filtration of systems “oil-water-supercritical CO<sub>2</sub>” were carried out on the 313 K isotherm in the pressure range up to 14 MPa. New data were obtained on the oil displacement coefficient of viscosity 38 mPa·s with the edges of supercritical CO<sub>2</sub> and water from a homogeneous porous medium. The results showed that the use of supercritical CO<sub>2</sub> in the filtration processes of multicomponent reservoir systems makes it possible to further displace viscous oil from the porous medium.

**Keywords:** supercritical fluid, experimental facility, multicomponent filtration, fringe of supercritical CO<sub>2</sub> and water, oil displacement coefficient, residual water and oil saturation.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ МОДЕЛИ НЕОДНОРОДНОГО НЕФТЯНОГО ПЛАСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО CO<sub>2</sub> И ОТОРОЧЕК СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО CO<sub>2</sub> И ВОДЫ**

**А.А. Давлетшин, А.В. Радаев, А.А. Мухамадиев, А.Н. Сабирзянов**

Создан экспериментальный стенд для исследования процесса вытеснения нефти сверхкритическим CO<sub>2</sub> и оторочками сверхкритического CO<sub>2</sub> и воды из однородной и неоднородной насыпной и кернавой модели нефтяного пласта в интервале давлений до 25 МПа, температур до 100 °С. Разработана оригинальная методика проведения эксперимента на однородной модели насыпного пласта с использованием сверхкритических флюидных систем. Проведены пробные опыты.

**Ключевые слова:** однородная модель насыпного пласта, сверхкритические флюидные системы, оторочки сверхкритического CO<sub>2</sub>, кернавая модель нефтяного пласта, насыпная модель терригенного пласта.

## **AN EXPERIMENTAL STAND FOR STUDYING THE PROCESS OF OIL DISPLACEMENT FROM A HETEROGENEOUS OIL RESERVOIR MODEL WITH SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub> AND FRINGES OF SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub> AND WATER**

**A.A. Davletshin, A.V. Radaev, A.A. Mukhamadiev, A.N. Sabirzyanov**

An experimental stand was created to study the process of displacing oil with supercritical CO<sub>2</sub> and fringes of supercritical CO<sub>2</sub> and water from a homogeneous and heterogeneous bulk and core models of an oil reservoir in the pressure range up to 25 MPa and temperatures up to 100 °C. An original method was developed for conducting an experiment on a homogeneous model of a bulk formation using supercritical fluid systems. Trial experiments were conducted.

**Keywords:** homogeneous bulk reservoir model, supercritical fluid systems, supercritical CO<sub>2</sub> fringes, core oil reservoir model, terrigenous reservoir model.

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЛАВА ЭП517-Ш С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**А.И. Горунов, С.А. Никифоров, А.Х. Гильмутдинов**

Представлены два способа восстановления деталей с использованием аддитивных технологий – непосредственной лазерной наплавки и наплавки двух различных металлов для создания демпфирующей прослойки. Исследованы физико-механические характеристики в зависимости от способа восстановления детали.

**Ключевые слова:** прямое лазерное нанесение, ЭП517-Ш, наплавка, восстановление деталей.

## **RESTORATION OF AIRCRAFT PARTS OF EP517-SH ALLOY BY USING ADDITIVE TECHNOLOGIES**

**A.I. Gorunov, S.A. Nikiforov, and A.Kh. Gil'mutdinov**

This paper presents two ways to restore parts using additive technologies, namely, the direct laser deposition and surfacing of two different metals to create a damping layer. Physical and mechanical characteristics were investigated depending on how the part was restored.

**Keywords:** direct metal deposition, EP517-Sh, surfacing, restoration of parts.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ ВБЛИЗИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СОНОТРОДА**

**Б.А. Хамидуллин, И.В. Цивильский, А.Х. Гильмутдинов**

Представлены результаты моделирования акустических течений и кавитации в глицерине, вызванных колебаниями металлического сонотрода на частоте 20 кГц. Моделирование акустических колебаний выполнено тремя различными способами, показаны преимущества и недостатки каждого.

**Ключевые слова:** акустические течения, акустическая кавитация, математическое моделирование.

## **MATHEMATICAL MODELING OF ACOUSTIC FLOW NEAR AN ULTRASONIC SONOTRODE**

**B.A. Khamidullin, I.V. Tsivilskii, and A.Kh. Gil'mutdinov**

The results of modeling of acoustic flow and cavitation in glycerin caused by oscillations of a metallic sonotrode at a frequency of 20 kHz are presented. Acoustic oscillations were modeled in three different ways. The advantages and disadvantages of each way were pointed out.

**Keywords:** acoustic flow, acoustic cavitation, mathematical modeling.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ КОМПЛЕКСА ТРАКТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРА ЛОПАТОК АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**А.И. Валиев**

В связи с современной тенденцией повышения мощности и надежности авиационного двигателя, а также снижения трудоемкости его изготовления существует необходимость всесторонней оценки различных вариантов изготовления лопаток. Наряду с традиционными методами, такими, как электрохимическая обработка и фрезерование, рассмотрены технологии изготовления лопаток высокоточной штамповкой и вальцовкой. Приведены их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** анализ, изготовление лопаток, формообразование кромок.

## **ANALYSIS OF METHODS FOR PRELIMINARY PROCESSING OF DUCT SURFACES OF BLADE AIRFOIL PORTIONS OF AIRCRAFT GAS TURBINE ENGINES**

**A.I. Valiev**

In connection with the current trend of increasing the power and reliability of aircraft engines as well as reducing the complexity of their manufacture, there is a need for comprehensive assessment of various options for manufacture of blades. Along with traditional methods, such as electrochemical machining and milling, the technologies of manufacturing blades by high-precision stamping and rolling are also considered. Their advantages and disadvantages are shown.

**Keywords:** analysis, manufacturing of blades, edge shaping.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

**А.И. Шинкевич**

Приведен анализ основных направлений ресурсо- и энергосбережения в нефтехимическом комплексе России. На основе статистических данных представлены тренды в данной области исследования, позволяющие определить положительные и отрицательные факторы реализации программ ресурсосбережения в нефтехимии. Отражены сравнительные данные о результатах внедрения ресурсосбережения и энергоэффективности нефтехимического комплекса в России и в зарубежных странах.

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, нефтехимический комплекс, энергосбережение, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, электровооруженность труда, энергоемкость ВВП.

## **RESOURCE-SAVING INDUSTRIAL ENGINEERING IN INDUSTRY OF RUSSIA AND ABROAD**

**A.I. Shinkevich**

The paper provides an analysis in the main areas of resource and energy saving in the petrochemical complex of Russia. Based on statistical data, trends in this field of research are presented that allow us to determine the positive and negative factors of implementing the resource saving programs in petrochemistry. The comparative data are given on the results of implementing the resource saving and energy efficiency of the petrochemical complex in Russia and foreign countries.

**Keywords:** resource saving, petrochemical complex, energy saving, energy efficiency, renewable energy sources, electric equipment of labor, GDP energy intensity.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Ф.Ф. Галимулина, А.И. Шинкевич

Предложена модель оптимизации управления процессами научно-технического развития обрабатывающих производств, основанная на максимизации дохода от реализации химической продукции и отражающая зависимость результатов работы производственной подсистемы в мезоэкономике от показателей научно-технического развития обрабатывающих производств. Проведено экономико-математическое моделирование управления научно-техническим развитием химическими производствами, что обеспечивает возможность выявления потенциальных направлений развития отстающих в научно-техническом аспекте субъектов РФ.

**Ключевые слова:** экономико-математическое моделирование, регрессионная модель, оптимизационная модель, химическая промышленность, эффективность, научно-техническое развитие, CALS-технологии, кластерный подход, технологические платформы, экологизация.

## MODELING OF PROCESSES OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF CHEMICAL PRODUCTION

F.F. Galimulina and A.I. Shinkevich

In the framework of this study, a model of optimizing the management processes of scientific and technological development of manufacturing, based on maximizing income from the sale of chemical products and reflecting the dependence of the results of the production subsystem in the mesoeconomics of indicators of scientific and technological development of manufacturing. The economic and mathematical modeling of management of scientific and technological development of chemical industries, which provides the ability to identify potential areas of development lagging behind in the scientific and technical aspect of the Russian Federation.

**Keywords:** economic and mathematical modeling, regression model, optimization model, chemical industry, efficiency, scientific and technological development, CALS-technologies, cluster approach, technological platforms, greening.



## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ К МЕЖКРИСТАЛЛИТНОЙ КОРРОЗИИ**

**Ф.И. Муратаев, А.Д. Загидуллин**

Проведено комплексное исследование качества металла стыковых, угловых и тавровых образцов, колец и пластин сварных соединений сталей 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, TR347 и EN1.4571, выполненных аргоно-дуговой сваркой, на основе анализа их стойкости к межкристаллитной коррозии методом АМУ. Металлографическим анализом выявлены дефекты перегрева – дельта-феррит и двойники – следы микропластической деформации от напряжений второго рода в аустените, снижающие коррозионную стойкость. Термическая обработка (аустенитизация) и соблюдение требований нормативных документов при сварке таких нержавеющей сталей обеспечивают должную структуру и свойства сварных соединений, снижают сварочные напряжения.

**Ключевые слова:** сварные соединения, аустенитные стали, термическая обработка, микроструктура, стойкость к межкристаллитной коррозии.

## **ENSURING DURABILITY OF WELDED JOINTS OF AUSTENITIC STEELS TO INTERGRANULAR CORROSION**

**F.I. Murataev and A.D. Zagidullin**

This paper presents a comprehensive study on the quality of metal for butt, angle and T-samples, rings and plates of welded joints of the 12Kh18N10T, 10Kh17N13M2T, TR347 and EN1.4571 steels, made by argon arc welding, based on the analysis of their resistance to intergranular corrosion by the AMU method. Metallographic analysis revealed overheating defects, namely, the delta ferrite and twins-traces of microplastic deformation from stresses of the second kind in austenite, which reduce corrosion resistance. Heat treatment (austenitization) and compliance with the requirements of normative documents at welding of such steels provide acceptable structure and properties of welded joints and reduce welding stresses.

**Keywords:** welded joints, austenitic steels, heat treatment, microstructure, resistance to intergranular corrosion.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УФ-ОТВЕРЖДАЕМЫХ СВЯЗУЮЩИХ В ТРАНСФЕРНЫХ МЕТОДАХ ФОРМОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**В.В. Ковалев, Л.Р. Курмашева, К.А. Андрианова**

Показана возможность применения УФ-отверждаемых связующих в трансферных методах формования. Изготовлены стеклопластиковые образцы методами вакуумной инфузии и Light-RTM. Определены физико-механические свойства стеклопластиков на основе УФ-отверждаемых связующих.

**Ключевые слова:** УФ-отверждение, трансферные методы формования, полимерные композиционные материалы.

## **STUDY OF A POSSIBLE APPLICATION OF UV-CURED RESINS IN TRANSFER MOLDING OF AIRCRAFT PARTS**

**V.V. Kovalev, L.R. Kurmasheva, and K.A. Andrianova**

In this paper, the possibility of applying transfer molding methods in UV curing was demonstrated. Fiberglass samples were made by vacuum infusion and Light-RTM. The physical-mechanical properties of UV-curable fiberglass samples were determined.

**Keywords:** UV-curing, transfer molding methods, polymer composite materials.

## АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ АРИТМИЙ СЕРДЦА НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

**Т.Ф. Щербакова, С.С. Седов,  
И.И. Замалеев, Р.Р. Марданов**

Представлен общий алгоритм обнаружения аритмий сердца на основе спектрального анализа электрокардиосигнала. Исследованы реализации электрокардиосигнала из базы данных ресурса PhysioNet с различными видами аритмий, а также реализации с синусовым ритмом («норма»). С помощью быстрого преобразования Фурье получены амплитудные спектры этих сигналов. Представлен алгоритм принятия решения о виде аритмии или ее отсутствии («норма»), основанный на определении максимального значения плотности распределения вероятностей.

**Ключевые слова:** электрокардиосигнал, быстрое преобразование Фурье, амплитудный спектр, плотность распределения вероятностей.

## CARDIAC ARRHYTHMIA DETECTION ALGORITHM BASED ON THE SPECTRAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOSIGNAL

**T.F. Sherbakova, S.S. Sedov, I.I. Zamaleev, and R.R. Mardanov**

The paper presents a general cardiac arrhythmia detection algorithm based on the spectral analysis of electrocardiosignal (ECS). Implementations of ECS from the PhysioNet resource database were studied. There were implementations with various types of arrhythmias as well as implementations with a confirmed sinus rhythm ("normal"). Using the fast Fourier transform, the amplitude spectra of these signals were obtained. The decision-making algorithm on the type of arrhythmia or sinus rhythm is presented. This algorithm is based on calculating the maximal probability distribution density.

**Keywords:** electrocardiosignal, fast Fourier transform, amplitude spectrum, probability distribution density.

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСПЕРСНО НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ**

**Р.Р. Ахметзянов, Т.Н. Вагизов, Э.Р. Галимов**

Рассматривается необходимость применения композиционного материала в узлах трения. Приведены режимы получения композиционного материала, состав и физико-механические свойства при различных соотношениях композиции. Предложенные технические решения способствуют снижению сил трения и ускорению процесса приработки, а также повышению износостойкости узла трения скольжения.

**Ключевые слова:** твердая смазка, сухое трение, композиционные материалы, самосмазывающиеся материалы, узлы трения скольжения, сера, графит, волластонит.

## **THE DEVELOPMENT OF COMPOSITIONS AND TECHNOLOGIES OF MANUFACTURING THE DISPERSED-FILLED COMPOSITE MATERIALS FOR FRICTION UNITS**

**R.R. Akhmetzyanov, T.N. Vagizov, and E.R. Galimov**

The paper describes a need for using the composite material in friction units. The modes of preparation of the composite material, composition and physical and mechanical properties at different ratios of the composition are given. The technical solutions proposed contribute to the reduction of the friction forces and acceleration of ageing process as well as improving the wear resistance of the sliding friction unit.

**Keywords:** solid lubricant, dry friction, composite materials, self-lubricating materials, sliding friction units, sulfur, graphite, wollastonite.

## **ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МИКРОХИРУРГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА**

**М.А. Клабуков, Е.В. Данилов**

Исследованы структура и свойства материалов импортных полуфабрикатов и изделий с целью обоснования их замены на отечественные для формирования рабочих поверхностей иглодержателей и совершенствования технологии изготовления ножниц по характеристикам твердости и функциональности микрохирургического инструмента. Подвергнуты анализу структура и свойства стали 03X11N10M2T2 и сплава ВТ6 по вариантам технологий для оценки возможности использования титанового сплава взамен мартенситно-старееющей стали при изготовлении иглодержателей и обеспечения функциональности ножниц.

**Ключевые слова:** сталь 03X11N10M2T2, сплав ВТ6, совершенствование технологии микрохирургического инструмента.

## **SUBSTANTIATION OF MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR WORKING SURFACES OF MICROSURGERY TOOL**

**M.A. Klabukov and E.V. Danilov**

The structure and properties of materials of imported semi-finished products and articles were investigated in order to substantiate their replacement with domestic ones for forming the working surfaces of needle holders and improving the technology of making scissors according to the characteristics of hardness and functionality of microsurgical instruments. The structure and properties of the 03Kh11N10M2T2 steel and VT6 alloy were analyzed according to technology options, to assess the possibility of using titanium alloy to replace martensite-aging steel in the manufacture of needle holders and ensure the functionality of scissors.

**Keywords:** 03Kh11N10M2T2 steel, VT6 alloy, improvement of the technology for microsurgical instrument.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ВАЛИКА НАВАРЕННОГО МЕТАЛЛА ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАВАРКЕ ПРОВОЛОКОЙ**

**И.Н. Зыбин, Ю.Г. Головачева, А.А. Никитин, А.А. Родин**

Выполнен анализ имеющихся в литературе зависимостей для определения ширины валика наваренного металла при электроконтактной наварке проволокой. На основании экспериментальных данных получена формула, позволяющая определить ширину валика наваренного металла при электроконтактной наварке проволокой поверхностей деталей в диапазоне 200...300 мм. Рассмотрены причины увеличения ширины валика наваренного металла с возрастанием диаметра детали при неизменной осадке проволоки.

**Ключевые слова:** электроконтактная наварка, ширина валика, осадка проволоки.

## **DETERMINATION OF THE WIDTH OF THE WELDED METAL ROLLER AT ELECTROCONTACT WELDING OF THE WIRE**

**I.N. Zybin, Yu.G. Golovacheva, A.A. Nikitin, and A.A. Rodin**

The dependencies available in the literature to determine the width of the welded metal roller at electrocontact welding of the wire, were analyzed. Based on experimental data, we obtained the formula for determining the width of the welded metal roller at electrocontact welding of the wire of the surfaces of details within range of 200–300 mm. The reasons for increasing the width of the welded metal roller with the increase in the diameter of the detail with a constant draft of the wire were considered.

**Keywords:** electrocontact welding of the wire, width of the metal roller, draft of the wire.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА, ПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ И ПРИСАДОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**В.Л. Федяев, Э.Р. Галимов, А.В. Беляев, Л.В. Сироткина**

Рассмотрено поступление в сварочную ванну присадочного материала при дуговой и электрошлаковой сварке. Представлены математические модели нагрева и плавления электродов, присадочных металлов при двух способах подачи материалов в сварочную ванну. В результате решения соответствующих задач при определенных допущениях получены соотношения для оценки скорости плавления, распределения температуры по длине электродов, присадочных металлов, других показателей.

**Ключевые слова:** сварка, нагрев и плавление электродов, математическое моделирование тепловых процессов.

## **MATHEMATICAL MODELING OF HEATING, MELTING OF ELECTRODES AND FILLER METALS**

**V.L. Fedyaev, E.R. Galimov, A.V. Belyaev, and L.V. Sirotkina**

The addition of filler material to the welding bath during arc and electroslag welding is considered. Mathematical models of heating and melting of electrodes, of filler metals with two methods of feeding materials into a weld pool are presented. As a result of solving the corresponding problems under certain assumptions, relations were obtained for estimating the melting rate, temperature distribution along the length of electrodes, filler metals, and other indicators.

**Keywords:** welding, heating and melting of electrodes, mathematical modeling of thermal processes.

## **ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**П.Л. Людоговский, А.В. Наумов, М.С. Филиппова**

Проанализированы операции формирования рабочей поверхности технологической оснастки и выбраны их оптимальные варианты для реализации технологических процессов в производстве авиационных и других конструкций из полимерных композиционных материалов. Исследованы различные компоненты и их комбинации при обработке рабочей поверхности технологической оснастки с оптимизацией параметров трудоемкости выполнения операций нанесения покрытия, финишной механической обработки и качества получаемой поверхности.

**Ключевые слова:** композиционные материалы, технологическая оснастка, мастер-модель, рабочая поверхность.

## **SELECTION OF MATERIALS AND OPTIMIZATION OF MACHINING AND COATING OPERATIONS IN THE MANUFACTURE OF TOOLING IN PRODUCING THE ITEMS FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

**P.L. Lyudogovskii, A.V. Naumov, and M.S. Filippova**

The paper analyzes the operations of forming the working surface of the tooling and selects their optimal options for the implementation of technological processes in the production of aircraft and other structures made of polymer composite materials. The various components and their combinations were investigated in processing the working surface of the tooling with the optimization of the parameters of the complexity for coating operations, finishing machining, and the quality of the resulting surface.

**Keywords:** composite materials, technological equipment, master model, working surface.



## УГЛОВАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ МНОГОСВЯЗНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ В СКОЛЬЖЕНИИ ПРИ НЕИНВАРИАНТНОСТИ

А.С. Мещанов

Предлагается общий метод качественной, экспоненциальной угловой стабилизации линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных управляемых объектов с учетом динамики электродвигателей и возмущений. Стабилизация объектов выполняется по каждому углу сначала на обычных скользящих режимах (первого порядка) по задаваемым подвижным гиперплоскостям с последующими переходами на фиксированные прямые со скользящими режимами второго порядка с экспоненциальными переходными процессами. Перечисленные преимущества обеспечиваются при неинвариантности исходной системы к параметрическим и внешним номинальным и неопределенным ограниченными возмущениям.

**Ключевые слова:** многомерный, многосвязный, нелинейный, нестационарный объект; неопределенные ограниченные возмущения; обычный скользящий режим первого порядка; подвижные плоскости; возмущения; неинвариантность; скользящий режим второго порядка; заданные фазовые прямые; инвариантность к возмущениям.

## ANGULAR STABILIZATION OF MULTIDIMENSIONAL MULTICONNECTED NONLINEAR NONSTATIONARY OBJECTS IN SLIDING AT NONINVARIANCE

A.S. Meshchanov

This paper presents the general method of qualitative exponential angular stabilization of linear and nonlinear, stationary and nonstationary controlled objects taking into account the dynamics of electric engines and perturbations. Stabilization of objects is carried out first at each angle with respect to the usual sliding modes (the first order) for given mobile hyperplanes with subsequent transitions to fixed lines with sliding modes of the second order with exponential transients. These advantages are provided for noninvariance of the initial system to parametric and external nominal and indefinite bounded perturbations.

**Keywords:** multidimensional, multiconnected, nonlinear, nonstationary object; indefinite bounded perturbations; ordinary sliding mode of first order, moving planes, perturbations, noninvariance; sliding mode of second order, given phase lines, invariance to perturbations.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ И ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**А.А. Макеев, О.В. Рымкевич, Р.-Б.Б. Станиславичюс**

Определяется степень поляризации измерителя тахеометра и лазерного дальномера. Для определения пространственного распределения предложена экспериментальная установка. Производится расчет корреляции степени поляризации и точностных характеристик тахеометра и лазерного дальномера Leica Disto. На основе экспериментальных данных построена индикатриса поляризации при помощи разработанной программы на языке Delphi. Произведена оценка наибольшего и наименьшего значения интенсивности.

**Ключевые слова:** лазер, тахеометр, дальномер, поляризация, излучение, точность измерений.

## **INVESTIGATION OF THE DEGREE OF POLARIZATION OF RADIATION FOR LASER RANGEFINDERS AND ITS EFFECT ON THE ACCURACY OF LINEAR MEASUREMENTS`**

**A.A. Makeev, O.V. Rymkevich, and R.-B.B. Stanislavichjus**

The degree of polarization for a tachymeter and a laser rangefinder is determined by measuring. An experimental setup is proposed to determine the spatial distribution. A correlation degree of polarization and accuracy characteristics of the instrument and the Leica Disto laser rangefinder are calculated. On the basis of experimental data, an indicatrix of polarization is constructed using a program developed in Delphi. The maximum and minimum intensity values are estimated.

**Keywords:** laser, tachymeter, rangefinder, polarization, radiation, measurement accuracy.

## **МОДЕЛИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА БОРТУ ВЕРТОЛЕТА С ИОННО-МЕТОЧНЫМИ И АЭРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ**

**Е.О. Арискин, А.В. Никитин, В.М. Солдаткин**

Рассмотрены причины и получены математические модели инструментальных погрешностей измерительных каналов системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета на стоянке, стартовых и взлетно-посадочных режимах.

**Ключевые слова:** вертолет, вектор ветра, измерение, система, ионно-меточные каналы, инструментальные погрешности, модели.

## **MODELS OF INSTRUMENT ERRORS FOR THE WIND VECTOR MEASURING SYSTEM ABOARD A HELICOPTER WITH ION-METER AND AEROMETRIC MEASURING CHANNELS**

**E.O. Ariskin, A.V. Nikitin, and V.M. Soldatkin**

The causes are considered and mathematical models are obtained for instrument errors of measuring channels of the wind vector measuring system aboard a helicopter at parking, launch and landing modes.

**Keywords:** helicopter, wind vector, measurement, system, ion-metering channels, instrument errors models.

## **ПРЕДЕЛЬНЫЕ УПРАВЛЕНИЯ АСИМПТОТИЧЕСКОГО ПРИВЕДЕНИЯ СИСТЕМ В ОБЫЧНЫЕ СКОЛЬЗЯЩИЕ РЕЖИМЫ ПРИ ВОЗМУЩЕНИЯХ**

**Л.А. Гатауллина, Э.А. Туктаров, А.С. Мещанов,  
С.О. Богданов, М.В. Каратаева**

Разработаны методы синтеза векторных одноуровневых управлений предельных по асимптотическому приведению систем на многообразия обычных (первого порядка) скользящих режимов с уменьшением установившихся амплитуды и частоты колебаний самого управления, а также с регулированием данных параметров в случае линейных объектов.

**Ключевые слова:** нелинейные и линейные системы, возмущения, предельное управление, асимптотическое приведение в скользящий режим, регулирование установившихся колебаний управления.

## **LIMITING CONTROLS OF ASYMPTOTIC REDUCTION OF SYSTEMS INTO CONVENTIONAL SLIDING MODES AT DISTURBANCES**

**L.A. Gataullina, E.A. Tuktarov, A.S. Meshchanov,  
S.O. Bogdanov, and M.V. Karataeva**

This paper presents the methods developed of synthesizing the vector single-level controls that are the limiting ones with respect to the asymptotic reduction of systems on diversity of ordinary (first order) sliding modes with the decrease of the steady-state amplitude and the oscillation frequencies of the control itself as well with regulation of these parameters in the case of linear objects.

**Keywords:** nonlinear and linear systems, disturbances, limiting control, asymptotic reduction into the sliding mode, regulation of steady-state control oscillations.

## **АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**В.А. Касимов**

Описываются разработанные алгоритм и программное обеспечение системы мониторинга воздушных линий электропередачи. За счет совокупности программного обеспечения и аппаратуры контролируются гололедные отложения на проводах и повреждения воздушных линий электропередачи.

**Ключевые слова:** воздушная линия электропередачи, локационное зондирование, обнаружение гололедных отложений на проводах, определение места повреждения, алгоритм, программное обеспечение.

## **ALGORITHM AND SOFTWARE FOR LOCATION MONITORING OF OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINES**

**V.A. Kasimov**

The developed algorithm and software of the monitoring system of overhead power lines are described. Due to the combination of software and hardware, ice deposits on wires and damage of overhead power transmission lines are monitored.

**Keywords:** overhead transmission line, location sensing, detection of ice deposits on wires, damage location, algorithm, software.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ВОЛНОВОГО ГИРОСКОПА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ**

**А.В. Кривов, Р.В. Мельников, Ф.И. Спиридонов, Г.А. Трутнев**

Рассматриваются вопросы, связанные с идентификацией параметров твердотельного волнового гироскопа, а также выдвигаются предположения о возможном нивелировании погрешностей, связанных с неидеальностью резонатора.

**Ключевые слова:** чувствительный элемент, твердотельный волновой гироскоп, математическая модель, добротность, разнородность.

## **DETERMINATION OF PARAMETERS OF HRG RESONATOR AND EXPERIMENTAL DATA MODELING**

**A.V. Krivov, R.V. Mel'nikov, F.I. Spiridonov, and G.A. Trutnev**

Issues related to the identification of parameters of a hemispherical resonator gyroscope are considered, and assumptions are made about the possible leveling of errors associated with the resonator's nonideal form and structure.

**Keywords:** sensitive element, solid-state wave gyroscope, mathematical model, damping, asymmetric damping.