

УДК 622.692.5

**АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИЧИН
ОСНОВНЫХ ОТКАЗОВ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ НАСОСОВ
В НАСОСНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БАСРЫ**

Р.Х.М. Альдербас, А.В. Сидоров, В.М. Гуреев

Представлены результаты анализа технических решений по организации хранения и транспортировки нефтепродуктов на вторичную переработку. Описаны основные отказы в насосном оборудовании и способы их устранения.

Ключевые слова: нефтяные центробежные насосы, нефтепродукты, нефтеотходы, кавитация, пульсации потока, коррозия.

**ANALYSIS OF HYDRAULIC CAUSES OF THE MAIN FAILURES
OF OIL-TRANSFER PUMPS IN PUMPING AND STORAGE UNITS
AT BASRA'S ENTERPRISES**

R.H.M. Alderbas, A.V. Sidorov, V.M. Gureev

The paper presents the results of the analysis of engineering solutions for storage and transportation of oil products for recycling. The main failures in the pumping equipment and methods for their elimination are described.

Keywords: oil centrifugal pumps, oil products, oil waste, cavitation, flow pulsations, corrosion.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ В ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМЕ

К.Ю. Нагулин, Р.Р. Назаров, А.Р. Гайсина, А.Х. Гильмутдинов

Исследована деградация порошка ЭП648 в ходе селективного лазерного спекания в аддитивной машине и продемонстрирована возможность его восстановления в индуктивно-связанной плазме. Установлено, что после плазменной обработки морфология частиц восстановленного порошка, их распределение по размерам и химический состав существенно улучшаются по сравнению с исходным порошком.

Ключевые слова: восстановление порошков, сфероидизация, индуктивно-связанная плазма.

RESTORATION OF POWDER MATERIALS FOR ADDITIVE PRODUCTION BASED ON HEAT-RESISTANT NICKEL ALLOYS IN INDUCTIVELY COUPLED PLASMA

K.Yu. Nagulin, R.R. Nazarov, A.R. Gaisina, and A.Kh. Gil'mutdinov

In this paper, the degradation of EP648 powder during selective laser sintering in an additive machine was studied and the possibility of its reduction in an inductively coupled plasma was demonstrated. It was found that after plasma treatment, the morphology of the particles of the reduced powder, their size distribution and chemical composition are significantly improved compared to the original powder.

Keywords: powder recovery, spheroidization, inductively coupled plasma.

**РАСЧЕТ ИЗБЫТОЧНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ
СМЕСИ ЭТАНОЛ – РАПСОВОЕ МАСЛО
В ПРИСУТСТВИИ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗАТОРА Al_2O_3**

С.В. Мазанов, Т.Р. Билалов, А.У. Аетов, В.Ф. Хайрутдинов

Проведено теоретическое обоснование проявления скачков роста и падения значений изобарной теплоемкости смеси из этанола, рапсового масла и гетерогенного катализатора Al_2O_3 – компонентов для получения биодизельного топлива. Выявлены температурные области плавления, растворения и химической реакции.

Ключевые слова: изобарная теплоемкость, биодизельное топливо, тепловой эффект, метод Шоу.

**CALCULATION OF EXCESS HEAT CAPACITY OF A MIXTURE
OF ETHANOL–RAPE SEED OIL IN THE PRESENCE
OF A HETEROGENEOUS CATALYST Al_2O_3**

S.V. Mazanov, T.R. Bilalov, A.U. Aetov, and V.F. Khairutdinov

The theoretical substantiation of the observed jumps in the increase and decrease in the values of the isobaric heat capacity of the ternary mixture of ethanol – rapeseed oil – heterogeneous catalyst Al_2O_3 , which are the basis for the production of biodiesel fuel, was carried out. The temperature ranges of melting, dissolution and chemical reaction were revealed.

Keywords: isobaric heat capacity, biodiesel, thermal effect, Shaw method.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al – Bi

И.Н. Ганиев, А.Г. Сафаров, М.Дж. Асоев, У.Ш. Якубов, К.К. Кабутов

Определена теплоемкость сплавов системы Al – Bi в режиме охлаждения по известной теплоемкости эталонного образца из алюминия марки А7. С использованием интегралов от удельной теплоемкости вычислена температурная зависимость изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса.

Ключевые слова: алюминий А7, сплавы Al – Bi, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

THERMOPHYSICAL AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF THE Al–Bi ALLOY SYSTEM

I.N. Ganiev, A.G. Safarov, M.J. Asoev, U.Sh. Yakubov, and K.K. Kabutov

In this paper, the heat capacity of the Al–Bi alloy system was determined in the cooling mode, according to the known heat capacity of a reference sample made of A7 grade aluminum. Using integrals of specific heat capacity, the temperature dependence of changes in enthalpy, entropy and the Gibbs energy is calculated.

Keywords: A7 grade aluminum, Al–Bi alloys, heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВЫНУЖДЕННОГО ДВИЖЕНИЯ КЕРОСИНА С НОВЫМ ЧИСЛОМ ПОДОБИЯ ЭЛЕКТРОКОНВЕКЦИИ

К.В. Алтунин

Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований влияния электрической конвекции на теплоотдачу при вынужденном движении керосина. Сделано обобщение в виде нового критериального уравнения с полученным числом подобия электроконвекции.

Ключевые слова: электроконвекция, керосин, число подобия.

ELABORATION OF A CRITERION EQUATION FOR FORCED KEROSENE MOTION WITH A NEW ELECTRIC CONVECTION NUMBER

K.V. Altunin

The paper presents the results of experimental and theoretical research of electric convection influence on heat transfer at forced motion of kerosene. Experimental data was generalized in terms of a new criterion equation with an electric convection number obtained.

Keywords: electric convection, kerosene, similarity number.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА ЗА СЕЧЕНИЕМ ВДУВА ВОЗДУХА ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ВЕЕРНЫХ ОТВЕРСТИЙ

**А.М. Ермаков, К.М. Гайипов, А.В. Ильинков,
В.В. Такмовцев, А.В. Щукин**

Использован численный метод на основе программного пакета ANSYS CFX19.2. Изучены различия в структуре и гидродинамике пленки, образующейся вдувом воздуха в поток газа через оба типа отверстий. Показано, что для обеих конфигураций отверстий наибольшее влияние на эффективность пленочного охлаждения оказывает параметр вдува m .

Ключевые слова: численное моделирование, структура потоков, система пленочного охлаждения, цилиндрические и веерные отверстия, турбинные лопатки.

NUMERICAL SIMULATION OF TURBULENT FLOW STRUCTURE DOWNSTREAM OF CYLINDRICAL AND FAN-SHAPED HOLES INTENDED FOR AIR BLOWING

**A.M. Ermakov, K.M. Gaiipov, A.V. Il'inkov,
V.V. Takmvtsev, and A.V. Shchukin**

Numerical method based on ANSYS CFX19.2 software is employed. The paper reveals differences in structure and hydrodynamics of films formed due to blowing of air into gas flows through both types of holes considered in the study. The blowing parameter m is shown to be the main contributor to efficiency of film cooling for both configurations of holes.

Keywords: numerical simulation, flow structure, film cooling system, cylindrical and fan-shaped holes, turbine blade.

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ КОНДЕНСАЦИОННОЙ КАМЕРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**И.В. Цивильский, А.Х. Гильмутдинов, С.А. Никифоров,
Б.А. Хамидуллин, Р.С. Рубля**

Описана реализация топологической оптимизации формы стенок конденсационной камеры технологической установки на основе индуктивно-связанной плазмы. Результатом серии вычислительных экспериментов служит стабильный газовый поток через охлаждающую камеру.

Ключевые слова: плазма, индуктивно-связанная плазма, математическое моделирование, оптимизация.

OPTIMIZATION OF THE CONDENSATION CHAMBER SHAPE OF THE TECHNOLOGICAL PLASMA TORCH FOR PROCESSING POWDER MATERIALS

**I.V. Tsivil'skii, A.Kh. Gil'mutdinov, S.A. Nikiforov,
B.A. Khamidullin, and R.S. Rublya**

The paper describes the implementation of topological optimization of the shape of the walls of the condensation chamber of a process plant based on inductively coupled plasma. The result of a series of computational experiments is a stable gas flow through the cooling chamber.

Keywords: plasma, inductively coupled plasma, mathematical modeling, optimization.

УДК 669.18.2

МЕТАЛЛОГРАФИЯ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ СТАЛЕЙ

Ф.И. Муратаев, И.М. Мухамадеев

В магистральных и технологических трубопроводах из низколегированных сталей выявлены многочисленные повреждения коррозионного растрескивания под напряжением. Установлены виды очагов зарождения трещин, их расположение и геометрические особенности, причины образования и развития до создания в металле критического размера трещин. Согласованы глубина повреждения металла, характер развития трещин стресс-коррозии в зависимости от природы действующих напряжений, структурного состояния металла труб и его загрязнения.

Ключевые слова: стальной трубопровод, коррозионное растрескивание, причины и особенности.

METALLOGRAPHY OF CORROSION CRACKING OF STEELS

F.I. Murataev and I.M. Mukhamadeev

Numerous damages of stress corrosion cracking were revealed in the main and technological pipelines of low alloy steels. The types of foci of crack initiation development prior to the creation of a critical size in the metal along the width of the combined cracks are established. The depth of damage to the metal, the nature of the development of "stress–corrosion" cracks depending on the nature of the existing stresses, the structural state of the pipe metal and its contamination are agreed.

Keywords: steel pipeline, corrosion cracking, causes and features.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

И.Ш. Таналин

Выявлены преимущества и недостатки современных технологий изготовления лопаток с учетом жестких допусков на предельные отклонения размеров и форм пера. Рассматривается вопрос о возможности применения средств математического моделирования и оптимизации технологических процессов. Проведен анализ существующих технологических цепочек, показавший целесообразность разработки метода адаптивного формообразования лопаток газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: лопатка, моноколесо, адаптивное формообразование, адаптивное управление.

ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR GAS TURBINE ENGINE BLADES

I.Sh. Tanalin

The advantages and disadvantages of modern technologies for the manufacture of blades are revealed, taking into account tight tolerances for the maximum deviations of the sizes and shapes of the blade airfoil. The possibility of using the means of mathematical modeling and optimization of technological processes is considered. The analysis of the existing technological chains is carried out that shows the feasibility of developing the methods for adaptive shaping of gas turbine engine blades.

Keywords: blade, blisk, adaptive shaping, adaptive control.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ МНОГОСЛОЙНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОММУНАЛЬНЫХ МАШИН

А.В. Наумов, П.Л. Людоговский

Показана возможность применения шерографии в качестве метода неразрушающего контроля деталей коммунальной машины из композиционных материалов. Проведена экспериментальная работа по применению шерографии на трехслойной конструкции из композитных материалов, показавшая эффективность метода по выявлению структуры конструкции и определению дефектов в ней.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, композиционные материалы, шерография.

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF COMPOSITE LAMINATED PARTS IN THE PRODUCTION OF COMMUNAL VEHICLES

A.V. Naumov and P.L. Lyudogovskii

The paper shows the possibility of using shearography as a method of non-destructive testing of parts of a communal vehicle made of composite materials. Based on experimental work on using the shearography on a three-layer structure made of composite materials, it is shown that the method allows the structure of the design to be effectively identified and defects in it to be determined.

Keywords: non-destructive testing, composite materials, sherography.

КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, РЕАЛИЗОВАННОГО В УСЛОВИЯХ СКВОЗНОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА

М.С. Филиппова, П.Л. Людоговский

Предложена функциональная модель процесса проектирования изделий из композиционных материалов, реализованного в условиях сквозного технологического цикла производства, и методика квалиметрической оценки процесса проектирования и производства изделий из композиционных материалов, основанная на разработке комплексного показателя качества. Приведен практический пример оценки результативности процесса проектирования и производства облицовочной панели из композиционного материала коммунальной машины МК1000.

Ключевые слова: композиционные материалы, параллельный инжиниринг, квалиметрическая оценка, показатели качества, результативность процесса.

QUALIMETRIC ASSESSMENT OF THE PROCESS OF DESIGNING PRODUCTS FROM COMPOSITE MATERIALS REALIZED UNDER THE CONDITIONS OF A THROUGH PRODUCTION CYCLE

M.S. Filippova and P.L. Lyudogovskii

The paper presents a functional model of the process for designing the products from composite materials that is implemented in an end-to-end technological cycle of production and a method for qualimetric assessment of the process of designing and manufacturing the products from composite materials that is based on the development of a comprehensive quality indicator. A practical example of evaluating the effectiveness of the design and production of a cladding panel from composite material of a MK1000 communal machine is given.

Keywords: composite materials, parallel engineering, qualimetric assessment, quality indicators, process performance.

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО АСПЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАУКОЕМКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Э.И. Габитов, Г.Ф. Мингалеев, Р.А. Галямов

Рассматриваются проблемы организации информационных потоков промышленного предприятия в процессе цифровой трансформации, а именно построения единой информационной среды. Предложена разработка научно-методического аспекта организации информационных потоков на машиностроительном предприятии с обоснованием практических рекомендаций по повышению эффективности организации производства.

Ключевые слова: бережливое производство, потери в информационных потоках, система показателей.

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL ASPECTS IN DATA FLOW MANAGEMENT OF A KNOWLEDGE-INTENSIVE MANUFACTURING ENTERPRISE

E.I. Gabitov, G.F. Mingaleev, and R.A. Galyamov

The paper deals with the problems of data flow management of an industrial enterprise in the process of digital transformation, namely, building a unified information environment. The paper proposes the development of a scientific and methodological aspect of data flow management at a machine-building enterprise with justification of practical recommendations for improving the efficiency of production engineering.

Keywords: lean production, losses in data flows, metrics.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ СИМУЛЯЦИИ ОБРАБОТКИ

А.В. Бердник, Г.Ф. Мингалеев

Рассматривается влияние внедрения цифровых технологий на организацию производственных процессов наукоемких промышленных предприятий с точки зрения применения симуляции обработки на станке с ЧПУ.

Ключевые слова: организация производственных процессов, цифровые технологии, симуляция обработки.

PRODUCTION ENGINEERING WITH APPLICATION OF DIGITAL SIMULATION TECHNOLOGY IN PROCESSING

A.V. Berdnik and G.F. Mingaleev

The paper discusses the impact of introducing the digital technology on production engineering in high-tech industrial enterprises in terms of applying the processing simulation on a CNC machine.

Keywords: production engineering, digital technology, processing simulation.

МЕХАНИЗМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЕН И ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

И.В. Лапин, В.В. Жиляков

Рассмотрены условия получения стабильной металлической пены. Выявлена важность понимания механизмов пенообразования, являющихся основным фактором получения гомогенности структуры. Для получения однородной структуры рассмотрены некоторые способы стабилизации металлических пен. Проведен анализ процесса образования металлической пены и получения пористой структуры материала.

Ключевые слова: пористые материалы, порофоры, пенометаллы, прессование, спекание, пористая структура.

MECHANISMS FOR THE STABILIZATION OF METAL FOAMS AND THE FORMATION OF A POROUS METAL STRUCTURE

I.V. Lapin and V.V. Zhilyakov

The conditions for obtaining a stable metal foam are considered. The importance of understanding the mechanisms of foaming that is the main factor in obtaining the structure homogeneity, is revealed. To obtain a homogeneous structure, some methods of stabilizing the metal foams are considered. The process of forming a metal foam and obtaining a porous structure of the material is analyzed.

Keywords: porous materials, porophore, foam metals, pressing, sintering, porous structure.

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ РАБОТЕ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ

И.Р. Мустафин, М.Е. Надеждина

Описывается опыт модернизации подготовительного производства резиновых смесей и автоматизации линии подачи ингредиентов, линий стрейнирования, охлаждения и перемещения резин в поддоны. Предлагается методика расчета количества задействованного оборудования в производстве рукавов резиновых напорных с текстильным каркасом.

Ключевые слова: модернизация производственных мощностей, резиновая смесь, автоматизация, резиносмеситель, экструдер, вулканизационный автоклав.

CALCULATION OF THE AMOUNT OF PRE-PRODUCTION EQUIPMENT IN OPERATING ON AN AUTOMATED LINE

I.R. Mustafin and M.E. Nadezhdina

The experience in modernizing the preparatory production of rubber compounds and automation of the line for feeding ingredients, lines for straining, cooling and moving rubbers into pallets, is described. A method is proposed for calculating the amount of equipment involved in the production of rubber pressure hoses with a textile frame.

Keywords: modernization of production facilities, rubber compound, automation, rubber mixer, extruder, vulcanization autoclave.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ДВИЖЕНИИ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ПЕРЕДАЧ

А.В. Макаров, В.Г. Макаров, Т.В. Макарова

Рассмотрено оптимальное управление транспортным средством с гибридной силовой установкой при параллельной работе дизельного двигателя и электродвигателя. Решена задача поиска оптимального времени переключения передач гибридной силовой установки транспортного средства по критерию минимума потребления топлива и электрической энергии накопителя.

Ключевые слова: гибридная силовая установка, электропривод, электродвигатель, энергосбережение, электромагнитный момент, мощность потерь, оптимальное управление, стационарное движение, принцип максимума.

OPTIMAL MOTION CONTROL FOR A HYBRID ELECTRIC VEHICLE WITH GEAR SHIFTING

A.V. Makarov, V.G. Makarov, and T.V. Makarova

The paper describes the optimal motion control for a hybrid electric vehicle with parallel operation of a diesel engine and an electric motor. The problem of finding the optimal gear shifting time for a hybrid electric vehicle is solved by the criterion of minimum fuel consumption and electrical energy of the drive.

Keywords: hybrid electric drive, electric motor, reduction of electrical energy consumption, electromagnetic torque, loss power, optimal control, stationary motion, maximum principle.

ПРИМЕНЕНИЕ СПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ЭНДОПРОТЕЗ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Т.А. Зайцева, А.Д. Лустин

Разработана математическая модель для расчета системы «имплант – кость». С использованием спирального компьютерного томографа получены корреляционные зависимости для определения плотности через единицы HU, позволяющие определить механические характеристики костных структур в месте установки импланта. Проведены расчеты критических нагрузок вывиха эндопротеза.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, спиральная компьютерная томография, биомеханика, тазобедренный сустав, математическое моделирование, эндопротезирование.

METHOD OF CALCULATING THE MAXIMUM LOAD ON THE HIP ENDOPROSTHESIS USING COMPUTED TOMOGRAPHY

T.A. Zaitseva and A.D. Lustin

A mathematical model for calculating the “implant–bone” system has been developed. Using a spiral computed tomography, correlations were obtained for determining the density in terms of HU units, which allow us to determine the mechanical characteristics of bone structures at the site of implant placement. Calculations of critical loads of the endoprosthesis dislocation were performed.

Keywords: non-destructive testing, spiral computed tomography, biomechanics, hip joint, mathematical modeling, endoprosthetics.

УДК 629.017

**МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ХОДЬБОЙ
МАЛОГО АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА
ПО ПОДВИЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Ван Цзяньюань, В.М. Деваев

Предложен метод управления положением стопы малого антропоморфного робота, обеспечивающий его устойчивость на основе распределении сил. В сочетании с методом управления устойчивостью на основе ZMP формируется более полная система управления устойчивостью малого антропоморфного робота в режиме реального времени. Проведен анализ результатов моделирования, показавший работоспособность полной системы управления устойчивостью ходьбы.

Ключевые слова: антропоморфный робот, управление устойчивостью, запас устойчивости ZMP.

**A METHOD OF WALKING CONTROL
OF A SMALL HUMANOID ROBOT ON A MOBILE SURFACE**

Wang Jianyuan and V.M. Devaev

Aiming at the incorrect landing position of the legs of small humanoid robots, a method for controlling the landing stability based on the distribution of forces is proposed. In combination with the stability control method based on ZMP, a relatively complete real-time stability control system of a small humanoid robot is formed. Simulation results showed that the entire walking stability control system works well.

Keywords: humanoid robot, stability control, ZMP stability margin.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Е.Н. Перевозников, О.В. Рымкевич

Предложен метод моделирования быстрых деформационных процессов в одномерных полимерных системах на основе обобщенной теории переноса, с помощью которого рассмотрены процессы релаксации напряжений, ползучести, а также сопровождающие эффекты – виброрелаксация и масштабный эффект.

Ключевые слова: механические свойства, одномерные полимерные системы, моделирование и симуляция деформационных процессов, виброрелаксация, масштабный эффект.

MODELING OF RELAXATION PROCESSES IN LINEAR POLYMER SYSTEMS

E.N. Perevoznikov and O.V. Rymkevich

The paper proposes a method for modeling the rapid deformation processes in one-dimensional polymer systems based on the generalized transfer theory that is used to consider the processes of stress relaxation, creep as well as accompanying effects, namely, vibrorelaxation and scale effect.

Keywords: mechanical properties, one-dimensional polymer systems, modeling and simulation of deformation processes, vibration relaxation, scale effect.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ЖИДКОЙ СМЕСИ

В.Н. Петров, Ю.К. Евдокимов, Г.Ф. Мухаметшина

Проведен анализ методов расчета струйных течений. Разработана математическая модель расчета струйного течения, образующегося в емкости аппарата перемешивания. Рассмотрен случай, соответствующий завершению процесса создания гомогенной смеси. Приведенные материалы дают возможность понять физику процесса, происходящего при циркуляционном перемешивании компонентов жидкой фазы под воздействием струйного течения. Предложен критерий, позволяющий определить достижение смесью гомогенного состояния. Проведено сопоставление результатов расчета с экспериментальными работами других авторов.

Ключевые слова: циркуляционное перемешивание, математическая модель, турбулентность, жидкая смесь, струйное течение, эталон, критерий.

SIMULATION OF MIXING PROCESS FOR A TWO-COMPONENT LIQUID MIXTURE

V.N. Petrov, Yu.K. Evdokimov, and G.F. Mukhametshina

In the paper, the methods of calculating the jet flows are analyzed. A mathematical model has been developed for calculating the jet flow formed in the tank of the mixing device. The case corresponding to the completion of the process of creating a homogeneous mixture is considered. The materials of the paper make it possible to understand the physics of the process that occurs when the components of the liquid phase are circularly mixed under the influence of a jet stream. A criterion is proposed to determine when the mixture will reach a homogeneous state. The calculation results are compared with experimental works of other authors.

Keywords: circulation mixing, mathematical model, turbulence, liquid mixture, jet flow, standard, criterion.

МНОГОПороГОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ФАЗОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

Т.Ф. Щербакова, Э.Р. Галимзянов, А.С. Щербаков

Приведены исследования показателей variability сердечного ритма на основе фазо-частотного анализа электрокардиосигнала. В рамках задачи определения состояния дремоты или стресса водителей транспортных средств описана методика детектирования уровня бодрствования. Исследованы электрокардиосигналы с отклонениями от нормы. Приведены примеры анализируемых сигналов, их параметры, а также результаты анализа. На основе полученных данных создана многопороговая система анализа.

Ключевые слова: фазочастотный спектр, амплитудно-частотный спектр, электрокардиограмма, кардиоинтервалограмма, variability сердечного ритма.

MULTI-THRESHOLD SYSTEM FOR MONITORING THE CONDITION OF VEHICLE DRIVERS BASED ON THE PHASE-FREQUENCY ANALYSIS OF ELECTROCARDIOSIGNAL

T.F. Shcherbakova, E.R. Galimzyanov, and A.S. Shcherbakov

The paper presents a study of heart rate variability indicators based on a phase-frequency analysis of an electrocardiogram. As part of the task of determining the state of drowsiness or stress of vehicle drivers, a methodology for detecting the level of wakefulness is described. Electrocardiograms with abnormalities are studied. Examples of the signals being analyzed, their parameters as well as the analysis results are given. Based on the data obtained, a multi-threshold analysis system is created.

Keywords: phase-frequency spectrum, amplitude-frequency spectrum, electrocardiogram, cardiointervalogram, heart rate variability.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

**Д.М. Валиуллина, Ю.К. Ильясова, В.К. Козлов,
Р.А. Гиниатуллин, Э.М. Садыков**

Представлены результаты исследования трансформаторного масла и предложена оригинальная методика определения марки трансформаторных масел и их эксплуатационных характеристик по координатам цветности масел.

Ключевые слова: трансформаторное масло, кислотное число, координаты цветности, изолирующая среда, цветовой диапазон, температура, видимая область спектра, механическая прочность, диэлектрический показатель, длина волны.

A METHOD OF DETERMINING THE TRANSFORMER OIL GRADE

**D.M. Valiullina, Yu. K. Il'yasova, V.K. Kozlov,
R.A. Giniatullin, and E.M. Sadykov**

The paper presents the results of research on transformer oil and proposes an original method for determining the grade of transformer oils and their operational characteristics by the coordinates of the oil color.

Keywords: transformer oil, acid number, chromaticity coordinates, insulating medium, color range, temperature, visible region of the spectrum, mechanical strength, dielectric index, wavelength.

РАДИОФОТОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ ВОДЫ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛОТИН

О.Г. Морозов, А.И. Шакирова

Представлена волоконно-оптическая система с радиофотонным интеррогатором с чувствительным элементом – адресной волоконной брэгговской структурой – для мониторинга уровня воды на гидротехнических плотинах. Проведено экспериментальное исследование.

Ключевые слова: волоконные брэгговские решетки, адресные волоконные брэгговские структуры, плотины.

A FIBER-OPTIC WATER LEVEL METER FOR HYDRAULIC DAMS

O.G. Morozov and A.I. Shakirova

The paper presents a fiber-optic system with a radio-photon interrogator with a control element, namely, an addressed fiber Bragg structure, for monitoring the water level in hydraulic dams. An experimental study was carried out.

Keywords: fiber Bragg gratings, addressed fiber Bragg structures, dams.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНВЕЙЕРНОГО КОМПЛЕКСА НА ПЛАТФОРМЕ COPPELIASIM

А.В. Каляшина, Л.О. Федосова, А.В. Золотов, С.В. Болдырев

Описывается процесс создания симуляции работы конвейерного комплекса в среде CoppeliaSim. Приведены результаты моделирования, позволившие произвести корректировку конструкции разрабатываемого разгрузочного устройства, осуществить проверку алгоритма управления компонентами робототехнического стенда, а также выполнить визуализацию работы конвейерного комплекса.

Ключевые слова: робототехника, автоматизированные системы, CoppeliaSim, робототехнические симуляторы, моделирование систем, Lua, Gazebo, Webots.

MODELING OF AN AUTOMATED CONVEYOR COMPLEX ON THE COPPELIASIM PLATFORM

A.V. Kalyashina, L.O. Fedosova, A.V. Zolotov, and S.V. Boldyrev

The paper describes the simulation of the conveyor complex in the CoppeliaSim environment. The results of simulating the operation of the conveyor complex in the CoppeliaSim environment have made it possible to adjust the structure of the unloading device being developed, to verify the control algorithm for the components of the robotic stand as well as to visualize the operation of the conveyor complex.

Keywords: robotics, automated systems, CoppeliaSim, robotic simulators, system simulation, Lua, Gazebo, Webots.

ОБЗОР ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Р.М. Муратов, А.В. Чернов, К.В. Козин, Ф.А. Карамов

Рассмотрены различные методы рефлектометрии, основанные на использовании возможностей оптоволоконных систем при различных методах обработки оптического сигнала.

Ключевые слова: волоконно-оптические датчики, спектральный анализ, оптическое волокно, измерительное устройство, решетки Брэгга.

OVERVIEW OF FIBER OPTICAL SENSORS OF PHYSICAL QUANTITIES

R.M. Muratov, A.V. Chernov, K.V. Kozin, and F.A. Karamov

This paper considers the various methods of reflectometry that are based on using the capabilities of optical fiber systems in various methods of optical signal processing.

Keywords: fiber optic sensors, spectral analysis, optical fiber, measuring device, Bragg gratings.

МНОГОПороговая СИСТЕМА ДОМАШНЕЙ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ФАЗОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

Т.Ф. Щербакова, С.С. Седов, Р.И. Якупов

Представлено исследование электрокардиосигнала на факт наличия отклонений сердечного ритма от нормального. Проведен сравнительный анализ двух методов спектрального анализа электрокардиосигнала – амплитудно-частотного и фазочастотного. Разработан алгоритм, позволяющий определить принадлежность электрокардиосигнала к тому или иному типу отклонения. Приведены примеры пошагового анализа электрокардиосигнала.

Ключевые слова: электрокардиосигнал, быстрое преобразование Фурье, фазочастотный спектр, аритмия, граничная частота, порог принятия решения, вероятность принятия ошибочного решения.

MULTI-THRESHOLD SYSTEM OF HOME TELEMEDICINE BASED ON THE METHOD OF PHASE-FREQUENCY SPECTRAL ANALYSIS OF THE ELECTROCARDIOSIGNAL

T.F. Scherbakova, S.S. Sedov, and R.I. Yakupov

This paper presents study of electrocardiosignals for the presence of heart rate abnormalities. A comparative analysis of the two methods of spectral analysis of ECS considered, namely, the amplitude-frequency spectral analysis and the phase-frequency analysis. We describe an algorithm that allows us to determine whether an electrocardiosignal belongs to a particular type of deviation. Examples of the step-by-step electrocardiosignal analysis are given.

Keywords: electrocardiosignal, fast Fourier transform, phase-frequency spectrum, arrhythmia, boundary frequency, decision threshold, probability of making a wrong decision.

ОЦЕНКА ПОЛЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЕЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЫ МАЛЫХ ДОЗВУКОВЫХ СКОРОСТЕЙ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ С ОТКРЫТОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТЬЮ С УСТАНОВЛЕННОЙ КАМЕРОЙ ДЛЯ АЭРОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.В. Пахов, С.А. Михайлов

Рассматриваются характеристики поля турбулентностей аэродинамической трубы малых дозвуковых скоростей общего назначения с установленной акустической камерой. Показаны результаты измерения турбулентности потока в двух разных сечениях в рабочей части. Сделан вывод о пригодности аэродинамической трубы с установленной акустической камерой для исследований аэродинамических характеристик объектов.

Ключевые слова: аэродинамическая труба, акустическая камера, скорость потока, турбулентность потока.

ESTIMATION OF TURBULENT FIELDS FOR A LOW-SPEED MULTIPURPOSE OPEN JET WIND TUNNEL WITH THE ANECHOIC CHAMBER

V.V. Pakhov and S.A. Mikhailov

This paper considers the characteristics of the turbulence field of a low-speed multipurpose wind tunnel with the anechoic chamber installed. Turbulence intensity values in two different cross-sections are shown. A conclusion was reached that the wind tunnel with the anechoic chamber installed could be suitable for aerodynamic tests.

Keywords: wind tunnel, anechoic chamber, flow speed, turbulence intensity.