

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭРОЗИИ МИШЕНИ ДЛЯ ПЛАНАРНОГО МАГНЕТРОНА

**Али Аяши Омар, Н.Ф. Кашапов**

Реализованная модель основана на кодах Монте-Карло, направленных на отслеживание статистически репрезентативного набора заряженных частиц. Относительные распределения эрозии мишени получены. Результаты этой работы могут быть использованы для понимания физических явлений, и для улучшения конструкции магнетронов.

**Ключевые слова:** планарная система магнетронного распыления, плазма, заряженные частицы, Монте-Карло, эрозия мишени.

## SIMULATION OF THE PROCESS TARGET EROSION IN A PLANAR MAGNETRON

**Ali Ayachi Omar and N.F. Kashapov**

The model implemented is based on Monte Carlo codes aim at tracing a statistically representative set of charged particles. Relative distributions of target erosion are obtained. The results of this work can be used to understand physical phenomena and to improve the design of magnetrons.

**Keywords:** planar magnetron sputtering system, plasma, charged particles, Monte Carlo, target erosion.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Алсайд Омар Мохамад Ража**

Рассматриваются и сравниваются твердые электролиты, разрабатываемые для твердооксидных топливных элементов, в том числе материалы на основе диоксида циркония, церия и галлата лантана. Основное внимание уделяется проводимости, также обсуждается совместимость с электродными материалами.

**Ключевые слова:** твердооксидный топливный элемент, структура и конфигурация, общий обзор, материалы для твердооксидных топливных элементов.

## **PROMISING ELECTROLYTE MATERIALS FOR SOLID OXIDE FUEL CELLS**

**Alsayed Omar Mohamad Raja**

Solid electrolytes developed for solid oxide fuel cells, including materials based on zirconium dioxide, cerium and lanthanum gallate, are considered and compared. The focus is on conductivity, and compatibility with electrode materials is also discussed.

**Keywords:** solid oxide fuel cells (SOFCs), SOFCs structure and configuration, general review, electrolyte materials for SOFCs.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПОТОКА «ВОДА-НЕФТЬ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСРЕДНЕННЫХ МОДЕЛЕЙ**

**Р.К. Ахмад, И.Т. Салимьянов, Тазюков Ф.Х.,  
А.В. Радаев, Н.А. Васенева**

Проведено моделирование процесса вытеснения нефти водой из слоисто-неоднородного пласта для пятиточечной и девятиточечной систем заводнения для четырех вариантов значений относительных проницаемостей. Исследована возможность понижения размерности задачи о двухфазной фильтрации в слоистых пластах путем введения модифицированных фазовых проницаемостей вместо лабораторных относительных проницаемостей, являющихся коэффициентами исходной системы уравнений в рамках модели Баклея – Леверетта. Численные двумерные расчеты с этими проницаемостями хорошо согласуются с решением трехмерной исходной задачи.

**Ключевые слова:** заводнение, неоднородный пласт, модель Баклея – Леверетта.

## **STUDY OF TRANSIENT TWO-PHASE FLOW FILTRATION PROCESS USING AVERAGED MODELS**

**R.K. Akhmad, I.T. Salim'yanov, F.Kh. Tazyukov,  
A.V. Radaev, and N.A. Vaseneva**

Modeling of the process of oil displacement by water from a stratified heterogeneous formation for five-zone and nine-point waterflooding systems was carried out for four variants of relative permeability values. The possibility of reducing the dimension of the problem of two-phase filtration in layered beds was investigated by introducing modified phase permeabilities instead of laboratory relative permeabilities, which are coefficients of the initial system of equations within the framework of the Buckley-Leverett model. Numerical two-dimensional calculations with these permeabilities are well consistent with the solution of the three-dimensional initial problem.

**Keywords:** waterflooding, heterogeneous reservoir, Buckley–Leverett model.

## **К ВОПРОСУ О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ОДНОЙ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕРДЕЧНОЙ КАМЕРЫ**

**И.В. Анисимова, В.Н. Игнатъев**

В работе поведено исследование задачи гемодинамики, т.е. движения крови по сосудам, возникающее вследствие разности гидростатического давления в различных участках кровеносной системы. Для дифференциальной задачи гемодинамической модели сердца была построена разностная схема и обоснована сходимость приближенного решения к точному решению, получено численное решение для модельной задачи однокамерного сердца.

**Ключевые слова:** гемодинамика, разностная схема, метод Рунге – Кутты, сходимость численного решения, Wolfram Mathematica, MATLAB.

## **FOR THE PROBLEM OF THE NUMERICAL SOLUTION OF A HEMODYNAMIC MODEL OF THE HEART CHAMBER**

**I.V. Anisimova and V.N. Ignat'ev**

In the work the problem of hemodynamics was investigated, i.e. movement of blood through the vessels, resulting from the difference in hydrostatic pressure in different parts of the circulatory system. For the differential problem of the hemodynamic model of the heart a difference scheme was constructed and the convergence of the approximate solution to the exact solution was substantiated. A numerical solution was obtained for the model problem of a single-chamber heart.

**Keywords:** hemodynamics, difference scheme, Runge–Kutta method, numerical solution convergence, Wolfram Mathematica, MATLAB.

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕНОСА В УРАВНЕНИЯХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СРЕДАХ**

**И.В. Анисимова, В.Н. Игнатьев**

В работе предложен метод определения переносных характеристик в многокомпонентных средах, использующихся в макроуравнениях тепло-массопереноса. Метод основывался на кинетическую теорию газов. Для обобщения данной теории на многокомпонентную среду использовалось понятие ее аппроксимации базовой бинарной средой. При этом в работе развивался двухуровневый подход, сочетающий описание макропроцессов в многокомпонентных газовых средах с микроскопическим описанием на базе уравнения Больцмана.

**Ключевые слова:** уравнения тепло-массопереноса, многокомпонентная среда, переносные характеристики среды, уравнение Больцмана, кубатурные формулы Гаусса – Кристоффеля.

## **METHOD OF DETERMINING THE TRANSFER COEFFICIENTS IN HEAT AND MASS TRANSFER EQUATIONS IN MULTICOMPONENT MEDIA**

**I.V. Anisimova and V.N. Ignat'ev**

The paper proposes a method for determining the transfer characteristics in multicomponent media used in the macroequations of heat and mass transfer. The method was based on the kinetic theory of gases. To generalize this theory to a multicomponent environment, the concept of its approximation by a basic binary environment was used. At the same time, a two-level approach was developed in the work, combining the description of macroprocesses in multicomponent gaseous media with a microscopic description based on the Boltzmann equation.

**Keywords:** heat and mass transfer equations, multicomponent medium, transfer characteristics of the medium, Boltzmann equation, Gauss–Christoffel cubature formulas.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СТРОНЦИЯ НА ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AlCu4.5Mg1

**И.Н. Ганиев, Р.С. Шоназаров, А. Элмурод,  
У.Н. Файзуллоев, Х.М. Ходжаназаров**

Экспериментально определена температурная зависимость теплоемкости сплавов алюминия марки AlCu4.5Mg1, легированного стронцием и выполнен расчет изменений их термодинамических функций. Исследования проводились в режиме «охлаждения» с применением компьютерной техники и программы «SigmaPlot». Установлены полиномы температурной зависимости теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) указанных сплавов и эталона (Al марки A5N), характеризуемые коэффициентом корреляции  $K_{\text{корр.}} = 0,999$ . Показано, что с ростом содержания стронция теплоемкость сплава алюминия AlCu4.5Mg1 снижается, а с увеличением температуры повышается. Энтальпия и энтропия сплава алюминия AlCu4.5Mg1, легированного стронцием с увеличением добавки стронция уменьшаются, а с ростом температуры повышаются. Для энергии Гиббса характерна обратная зависимость.

**Ключевые слова:** алюминиевый сплав AlCu4.5Mg1, стронций, эталон (Al марки A5N), теплоемкость, режим «охлаждения», энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

## EFFECT OF STRONTIUM ADDITIVES ON THE HEAT CAPACITY AND THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF AlCu4.5Mg1 ALUMINUM ALLOY

**I.N. Ganiev, R.S. Shonazarov, A. Elmurod, U.N. Faizulloev, and  
Kh.M. Khojanazarov**

The temperature dependence of the heat capacity of AlCu4.5Mg1 aluminum alloys alloyed with strontium is experimentally determined and the changes in their thermodynamic functions are calculated. The studies were carried out in the “cooling” mode using computer technology and the “SigmaPlot” program. The polynomials of the temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions (enthalpy, entropy and Gibbs energy) of the indicated alloys and the standard (Al brand A5N), characterized by the correlation coefficient  $K_{\text{corr.}} = 0,999$ , are established. It is shown that with an increase in the strontium content, the heat capacity of the AlCu4.5Mg1 aluminum alloy decreases, and increases with an increase in temperature. The enthalpy and entropy of the aluminum alloy AlCu4.5Mg1 doped with strontium decrease with an increase in the addition of strontium, and increase with increasing temperature. The Gibbs energy is characterized by an inverse relationship.

**Keywords:** aluminum alloy AlCu4.5Mg1, strontium, standard (Al brand A5N), heat capacity, “cooling” mode, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОЛУЧЕНИЕ  
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЧАСТИЦ  
НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В ПРОЦЕССАХ  
СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ВОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ**

**И.И. Гильмутдинов, Н.С. Сандугей, И.М. Гильмутдинов,  
И.В. Кузнецова, А.Н. Сабирзянов**

Исследован процесс получения прекурсора носителя катализатора методом суб- и сверхкритического водного окисления металлического алюминия с последующим нанесением оксида железа. Исследованы зависимости физико-химических свойств образцов от температуры, времени проведения реакции и плотности сверхкритического флюида. Сделаны выводы о наиболее оптимальных параметрах проведения реакции, позволяющие получить максимальные значения удельной поверхности образца.

**Ключевые слова:** сверхкритические флюидные технологии, оксид алюминия, катализатор.

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF THERMODYNAMIC PARAMETERS  
ON THE PRODUCTION OF NANOSTRUCTURED COMPOSITE PARTICLES  
BASED ON ALUMINUM OXIDE IN THE PROCESSES  
OF SUB- AND SUPERCRITICAL WATER OXIDATION**

**I.I. Gilmutdinov, N.S. Sandugey, I.M. Gilmutdinov, I.V. Kuznetsova, and A.N. Sabirzyanov**

In this work has been studied process of obtaining a catalyst carrier precursor by the method of sub- and supercritical water oxidation of metallic aluminum, followed by the deposition of iron oxide. Has been studied dependences of the physicochemical properties of the samples on temperature, reaction time, and supercritical fluid density. Conclusions were drawn about the most optimal parameters for carrying out the reaction, which make it possible to obtain the maximum values of the specific surface area of the sample.

**Keywords:** supercritical fluid technologies, aluminum oxide, catalyst.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА ПО ИЗМЕРЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА РАСТВОРИМОСТИ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В УГЛЕВОДОРОДАХ В ОДНОРОДНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ**

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

Приведены результаты исследований процесса вытеснения нефти сверхкритическим  $\text{CO}_2$  из однородной модели пласта. Получены результаты исследований, показавшие, что механизм увеличения нефтеотдачи из однородных пластов с использованием сверхкритических флюидных систем основан на сближении значений динамической вязкости нефти и  $\text{CO}_2$  при растворении в нефти сверхкритического  $\text{CO}_2$  и нефти в сверхкритическом  $\text{CO}_2$ , что приводит к выравниванию фронта вытеснения нефти из неоднородных пластов. Приведены результаты опытов по измерению растворимости СК  $\text{CO}_2$  в циклогексане, керосине и нефти.

**Ключевые слова:** однородная пористая среда, методы увеличения нефтеотдачи, высоковязкая нефть, сверхкритический флюид, растворение  $\text{CO}_2$  в нефти, выравнивание фронта вытеснения.

## **EXPERIMENTAL TEST BENCH AND TEST PROCEDURE FOR MEASURING THE SOLUBILITY COEFFICIENT OF SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE IN HYDROCARBONS IN A HOMOGENEOUS POROUS MEDIUM**

**I.D. Zakiev, A.V. Radayev, A.N. Sabirzyanov, and A.A. Mukhamadiyev**

The results of studies of the process of oil displacement by supercritical  $\text{CO}_2$  from a homogeneous reservoir model are presented. The results of studies were obtained, which showed that the mechanism for increasing oil recovery from homogeneous formations using supercritical fluid systems is based on the convergence of the values of the dynamic viscosity of oil and  $\text{CO}_2$  when dissolved in oil of supercritical  $\text{CO}_2$  and oil in supercritical  $\text{CO}_2$ , which leads to the alignment of the front of oil displacement from heterogeneous formations. The results of experiments on measuring the solubility of supercritical  $\text{CO}_2$  in cyclohexane, kerosene and oil are given.

**Keywords:** heterogeneous porous medium, low-permeability reservoir, enhanced oil recovery methods, high-viscosity oil, supercritical fluids.



## ТЕПЛОВАЯ ЗАВЕСА НА ВОГНУТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МАЛЫХ И БОЛЬШИХ УГЛАХ И ПАРАМЕТРАХ ВДУВА

**А.В. Ильинков, В.В. Такмовцев, А.В. Щукин,  
К.В. Каховский, И.С. Баранов**

Выполнено сравнительное экспериментальное исследование эффективности пленочного охлаждения тепловой завесы  $\eta_{пл}$  на вогнутой и плоской поверхностях вдувом воздуха через поясок цилиндрических отверстий. Установлено, что при малых и больших углах ( $\alpha = 30^\circ$  и  $75^\circ$ ) и параметрах вдува ( $m = 0,5$  и  $2,5$ ) на начальном участке охлаждаемой стенки опытные данные по  $\eta_{пл}$  на вогнутой поверхности имеют более низкие значения, чем на плоской поверхности при прочих равных условиях. Эти результаты показывают, что на начальном участке смешения не только при оптимальных, но и при высоких значениях параметра вдува фактор активного воздействия центробежных массовых сил снижает эффективность тепловой завесы по сравнению с пленочным охлаждением плоской пластины.

**Ключевые слова:** пленочное охлаждение, поясок цилиндрических отверстий, вогнутая и плоская поверхности, эффективность тепловой завесы.

## HEAT CURTAIN ON A CONCAVE SURFACE AT SMALL AND LARGE ANGLES AND INJECTION PARAMETERS

**A.V. Ilinkov, V.V. Takmvtsev, A.V. Shchukin,  
K.V. Kakhovsky, and I.S. Baranov**

A comparative experimental study of the efficiency of film cooling of the heat curtain  $\eta_{film}$  on concave and flat surfaces by air injection through a belt of cylindrical holes has been performed. It has been found that at small and large angles ( $\alpha = 30^\circ$  and  $75^\circ$ ) and injection parameters ( $m = 0,5$  and  $2,5$ ) at the initial section of the cooled wall, experimental data by  $\eta_{film}$  a concave surface have lower values than on a flat surface, other things being equal. These results show that at the initial mixing site, not only at optimal, but also at high values of the injection parameter, the factor of active action of centrifugal mass forces reduces the efficiency of the heat curtain compared to film cooling of a flat plate.

**Keywords:** film cooling, a belt of cylindrical holes, concave and flat surfaces, the efficiency of the heat curtain.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ СРЕД**

**Е.К. Растегаев, И.И. Гильмутдинов, И.В. Кузнецова,  
А.Н. Сабирзянов**

Проведена оценка влияния модификации костного матрикса сверхкритическим диоксидом углерода. Установлена эффективность обработки костного матрикса сверхкритическим флюидом. Выявлены оптимальные параметры процесса стерилизации.

**Ключевые слова:** сверхкритический флюид, костный матрикс, имплантат, диоксид углерода.

## **INVESTIGATION OF STERILIZATION PROCESSES OF MEDICAL PRODUCTS FOR BONE TISSUE REGENERATION USING SUPERCRITICAL FLUID MEDIA**

**E.K. Rastegaev, I.I. Gilmutdinov, I.V. Kuznetsova, and A.N. Sabirzyanov**

The effect of bone matrix modification with supercritical carbon dioxide was evaluated. The efficiency of bone matrix treatment with supercritical fluid has been established. Optimal parameters of the sterilization process have been identified.

**Keywords:** supercritical fluid, bone matrix, implant, carbon dioxide.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ НАПЛАВКИ  
НА ГЕОМЕТРИЮ И ТВЕРДОСТЬ ФОРМИРУЕМЫХ СЛОЕВ  
В ПРОЦЕССЕ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО НАНЕСЕНИЯ  
ВЫСОКОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВВ751П**

**И.В. Шварц, В.В. Морозов, А.А. Терентьев,  
А.И. Горунов, А.Х. Гильмутдинов**

Проведен анализ геометрии и твердости наплавленного металла, полученного в процессе прямого лазерного нанесения сплава ВВ751П с применением различных стратегий наплавки.

**Ключевые слова:** прямое лазерное нанесение материала, стратегии наплавки, твердость, ВВ751П.

**THE EFFECTS OF DIFFERENT DEPOSITION STRATEGIES  
ON GEOMETRY AND HARDNESS CHARACTERISTICS  
OF DEPOSITED LAYERS DURING DIRECT METAL DEPOSITION PROCESS  
OF HIGH-STRENGTH NICKEL BASED ALLOY VV751P**

**I.V. Shvarts, V.V. Morozov, A.A. Terent'ev, A.I. Gorunov,  
and A.Kh. Gil'mutdinov**

The results of this work demonstrate the analysis of the geometric characteristics and hardness of deposited layers obtained by direct metal deposition process of the high-strength nickel-based alloy VV751P with the use of different deposition strategies.

**Keywords:** direct metal deposition, deposition strategies, hardness, VV751P.

УДК 629.1.05 + 629.3.066 + 654.941.2

## **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

**И.И. Васильев, Д.П. Данилаев**

Поставлен и рассмотрен вопрос совершенствования интеллектуальных транспортных систем в части выявления неисправных автомобилей, двигающихся в транспортном потоке, для своевременного предотвращения аварийных ситуаций. Целью такого контроля является фиксация в режиме реального времени фактов опасных отклонений характеристик транспортного средства без исследования причин такого отклонения. На основе известных проявлений и признаков неисправностей автомобилей предложены варианты дистанционной регистрации таких фактов. Рассмотрены возможные методы и средства такой диагностики. Представлен способ систематической оценки качества дорожного полотна с использованием электронных средств, а также устройств, встроенных в автомобили. Показана перспективность данного подхода.

**Ключевые слова:** диагностика автомобилей, снижение аварийности, техническое состояние дорог, мониторинг транспортной ситуации, интеллектуальные транспортные системы, автомобильная электроника.

## **THE CRISIS SITUATIONS PREVENTION AT AUTOMOBILE STREAM WITH TECHNICAL CONTROL TOOLS**

**I.I. Vasiliev and D.P. Danilaev**

The article raises and considers the issue of intelligent transport systems improving in terms of faulty vehicles identifying, moving in the traffic flow in order to timely prevent accidents. The purpose of this control is the facts record of dangerous deviations in the vehicle characteristics in real time, without the reasons examining for such a deviation. Options for such facts remote registration are proposed, based on the known manifestations and signs of car malfunctions. Possible methods and means of such diagnostics are considered. The method for roadway quality systematic assessment using electronic means is presented also, as well as devices using built into cars. The prospects of this approach are shown.

**Keywords:** vehicle diagnostics, accident rate reduction, technical condition of roads, traffic situation monitoring, intelligent transport systems, automotive electronics.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН УХУДШЕНИЯ СВОЙСТВ И ПЛОХОЙ СВАРИВАЕМОСТИ ТРУБ ПРИ РЕМОНТЕ КЛЕТЕЙ ПЕЧЕЙ ПИРОЛИЗА**

**М.А. Клабуков, А.Ф. Муратаев, И.В. Васильева**

Исследованы причины плохой свариваемости труб аустенитного сплава при ремонте поврежденных клеток радиантных змеевиков, эксплуатирующихся в агрессивных условиях при высоких температурах топочных газов и электрохимической коррозии. Проблема вызвана существенным изменением химического состава сплава Centralloy® G 4852 Micro толстостенных центробежно-литых труб за относительно непродолжительный период эксплуатации в печах пиролиза. Определена степень несоответствия механических свойств металла до и после эксплуатации нормативным и сопроводительным документам ФРГ. Выявлен недопустимый - низкий уровень характеристик прочности и пластичности аустенитного сплава труб. Обоснованы причины существенной деградации состава и служебных свойств труб радиантных змеевиков в связи с явлением ползучести металла при повышенных эксплуатационных температурах.

**Ключевые слова:** литые трубы сплава GX45NiCrSiNbTi35-25, радиантные змеевики, деградация состава и свойств, плохая свариваемость.

## **INVESTIGATION OF THE REASONS FOR THE DEGRADATION OF PROPERTIES AND POOR WELDABILITY OF PIPES DURING REPAIR OF PYROLYSIS FURNACE STANDS**

**M.A. Klabukov, A.F. Murataev, and I.V. Vasilyeva**

The reasons for the poor weldability of austenitic alloy pipes during the repair of damaged stands of radiant coils, which are operated under aggressive conditions at high flue gas temperatures and electrochemical corrosion, are investigated. The problem is caused by a significant change in the chemical composition of the Centralloy® G 4852 Micro alloy of thick-walled centrifugally cast pipes over a relatively short period of operation in pyrolysis furnaces. The degree of non-compliance of the mechanical properties of the metal before and after operation with the normative and accompanying documents of the Federal Republic of Germany is determined. Identified unacceptable – low level of strength and ductility characteristics of the austenitic alloy pipes. The reasons for the significant degradation of the composition and service properties of pipes of radiant coils due to the phenomenon of metal creep at elevated operating temperatures are substantiated.

**Keywords:** cast pipes of GX45NiCrSiNbTi35-25 alloy, radiant coils, degradation of composition and properties, poor weldability.

## **КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАУКОЕМКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Е.А. Князькина, Р.Р. Исмагилова**

Рассматриваются качественные и количественные критерии определения наукоемкого производства. Приводится анализ мнений различных авторов по определению сущности и содержания понятий «наукоемкое производство» и «наукоемкая продукция».

**Ключевые слова:** наукоемкое производство, наукоемкая продукция, производственный процесс, организация производства.

## **CRITERIA FOR DETERMINING KNOWLEDGE-INTENSIVE PRODUCTION**

**E.A. Knyazkina and R.R. Ismagilov**

The article deals with qualitative and quantitative criteria for determining science-intensive production. An analysis of the opinions of various authors on the definition of the essence and content of the concepts of science-intensive production and science-intensive products is given.

**Keywords:** science-intensive production, science-intensive products, production process, organization of production.

## **ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Ю.М. Трегубов, А.Б. Николаева, Р.Е. Моисеев**

На промышленных предприятиях существует проблема передачи данных между информационными системами в связи с тем, что не все информационные системы внедрены до конца и работают в полном объеме. Интеграция основных и вспомогательных процессов в интегрированных ИС, интеграция отдельных функциональных модулей ИС осуществляется на основе систем класса EAI (Enterprise Application Integration – средства интеграции приложений), организации информационного обмена. Информационная интеграция предполагает комплексное использование однократно вводимых в систему данных для решения произвольного числа взаимосвязанных задач, устранения неконтролируемого дублирования потоков информации, выполнения операций по преобразованию информации. При этом формируются единые требования к формам и методам хранения, передачи и представления информации – определяется единый стандарт информационных процессов.

**Ключевые слова:** интеграция, информационные системы, системы класса EAI, архитектура системы планирования, рабочий прототип.

## **THE FEATURES OF INTRODUCING THE INFORMATION SYSTEM FOR PRODUCT RANGE PLANNING IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

**Yu.M. Tregubov, A.B. Nikolaeva, and R.E. Moiseev**

At industrial enterprises, there is a problem of data transfer between information systems due to the fact that not all information systems are fully implemented and operate in full. Integration of the main and auxiliary processes in integrated information systems, integration of individual functional modules of the information system is carried out on the basis of systems of the EAI class (Enterprise Application Integration – application integration tools), organizing information exchange. Information integration involves the complex use of data once entered into the system to solve an arbitrary number of interrelated tasks, eliminate uncontrolled duplication of information flows, and perform operations to transform information. At the same time, uniform requirements are formed for the forms and methods of storing, transmitting and presenting information – a single standard of information processes is determined.

**Keywords:** integration, information systems, EAI class systems, planning system architecture, working prototype.

## **ОПЕРАТИВНЫЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**З.М. Селиванова, К.В. Скоморохов**

Разработан метод повышения оперативности неразрушающего контроля теплопроводности строительных материалов с применением интеллектуальной информационно-измерительной системы для исследования теплофизических свойств объектов. На основе модулей алгоритмического и программного обеспечения осуществляется выбор предварительно заданных интервалов между теплофизическими измерениями в соответствии с измерительной ситуацией, идентифицируемой по тестовой термограмме.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, оперативность, строительные материалы, интеллектуальная измерительная система, метод линейного источника тепла.

## **OPERATIONAL NON-DESTRUCTIVE TESTING OF THERMAL CONDUCTIVITY OF MATERIALS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

**Z.M. Selivanova and K.V. Skomorokhov**

A method has been developed to improve the efficiency of non-destructive testing of the thermal conductivity of building materials, which consists in the fact that an intelligent information-measuring system is used to study the thermophysical properties of objects, in which, based on the algorithmic and software modules, the selection of pre-set intervals between thermophysical measurements is carried out in accordance with the measuring situation, identified by the test thermogram.

**Keywords:** non-destructive testing, efficiency, building materials, intelligent measuring system, linear heat source method.



## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF THERMALLY CONDUCTIVE CARBON FOAMS USING MICROSPHERES AND PITCHES**

**E.R. Galimov, V.L. Fedyaev, E.E. Sharafutdinova, N.Ya. Galimova,  
I.G. Galiev, and A.I. Shigapov**

The technological process of obtaining of thermally conductive carbon foams based on microspheres and pitches, including the stages of mixing the initial components, pressing the mixture of components, obtaining semi-finished “green” foam, low-temperature carbonization, carbonization, high-temperature heat treatment, pyro-compaction, mechanical processing has been developed. It is shown that the structure of the resulting foam is characterized by a lower content of voids, the layered structure of the walls of microspheres. The obtained values of thermophysical and physical-mechanical characteristics provide the possibility to use the foams for work in extreme conditions.

**Keywords: carbon foams, microspheres, pitches, production, structure, properties.**

УДК 535.92, 681.586.5

## **СПЕКТР ОТРАЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ВБР С ТОРЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ ФАБРИ – ПЕРО**

**Т.А. Аглиуллин, В.И. Анфиногентов, А.Ж. Сахабутдинов,  
А.И. Садыкова, А.М. Телишев, В.А. Иваненко**

В работе рассмотрена задача построения математической модели оптоволоконного датчика, построенного на комбинации волоконной брэгговской решетки (ВБР) и торцевого резонатора Фабри – Перо, предназначенного для задач контроля концентрации различных газов, в том числе парниковых. Рассмотрены различные виды комбинированных структур таких датчиков. Предложен подход, позволяющий моделировать прохождение широкополосного излучения через комбинированные датчики на базе модели распространения плоских волн через слоистые структуры. Данный подход является универсальным и может применяться для расчета спектральных откликов комбинированных структур различных конфигураций, в том числе состоящих из одной или нескольких ВБР, записанных последовательно или на одном участке волокна, и резонатора Фабри – Перо, а также структур с фазовыми неоднородностями и т.д. По результатам моделирования показана особенность спектрального отклика комбинированной структуры, включающей в себя ВБР и резонатор Фабри – Перо, которая заключается в появлении провалов в спектре отражения такой структуры, что должно учитываться при разработке датчиков на основе комбинированных структур и методов их опроса.

**Ключевые слова:** комбинированные волоконно-оптические датчики, контроль концентрации газа, математическое моделирование, распространение плоских волн через слоистые структуры.

## **REFLECTION SPECTRUM OF THE COMBINED STRUCTURE CONSISTING OF FBG WITH FABRY–PEROT RESONATOR**

**T.A. Agliullin, V.I. Anfinogentov, A.Zh. Sakhabutdinov, A.I. Sadykova,  
A.M. Telishev, and V.A. Ivanenko**

The paper is dedicated to mathematical modeling of a fiber-optic sensor based on a combination of a fiber Bragg grating (FBG) and a Fabry–Perot resonator designed to control the concentration of various gases, including greenhouse gases. Various types of combined structures of such sensors are considered. An approach is proposed that makes it possible to simulate the transmission of broadband radiation through combined sensors based on the model of propagation of plane waves through layered structures. This approach is universal and can be used to calculate the spectral responses of combined structures of various configurations, including those consisting of one or more FBGs recorded sequentially or in the same section of the fiber, and a Fabry–Perot resonator, as well as structures with phase inhomogeneities, etc. The simulation results demonstrate a feature of the spectral response of a combined structure consisting of an FBG and a Fabry–Perot resonator, which is the appearance of dips in the reflection spectrum of such structure, which should be taken into account when developing sensors based on combined structures and methods for their interrogation.

**Keywords:** combined fiber-optic sensors, gas concentration control, mathematical modeling, propagation of plane waves through layered structures.

## **ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПО ЕГО КООРДИНАТАМ ЦВЕТНОСТИ**

**В.К. Козлов, Д.М. Валиуллина, В.Н. Енюшин, Р.А. Гиниатуллин**

В работе представлены результаты исследования трансформаторных масел с определением их координат цветности, а также установлена связь координат цветности с тангенсом угла диэлектрических потерь и кислотным числом масла.

**Ключевые слова:** трансформаторное масло, тангенс угла диэлектрических потерь, кислотное число, деградация, корреляция, координаты цветности.

## **DIAGNOSTICS OF THE STATE OF TRANSFORMER OIL BY ITS COLOR COORDINATES**

**V.K. Kozlov, D.M. Valiullina, V.N. Enyushin, and R.A. Giniatullin**

The paper presents the results of a study of transformer oils with the determination of their chromaticity coordinates, and also establishes a relationship between the chromaticity coordinates and the dielectric loss tangent and the acid number of the oil.

**Keywords:** transformer oil, dielectric loss tangent, acid number, degradation, correlation, color coordinates.

## **КОНТРОЛЬ СТРИНГЕРНЫХ ПАНЕЛЕЙ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ КОМПЬЮТЕРНЫМ ТОМОГРАФОМ**

**В.И. Митряйкин, А.В. Тажибаева, Д.М. Беззаметнова, Т.А. Зайцева**

В работе рассматриваются варианты применения различных панелей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкциях лопастей ветровых электростанций с целью повышения их прочности после ударных воздействий. Ударное погружение образцов проведено на стенде Instron Dynatur 9250. Характер ударных повреждений интегральных панелей и пластин из ПКМ исследован рентгеновским компьютерным томографом.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, лопасть ветрогенератора, полимерные композиционные материалы, ударные повреждения, интегральная панель, неразрушающий контроль, рентгеновская компьютерная томография.

## **NON-DESTRUCTIVE TESTING OF STRINGER PANELS OF WIND GENERATOR BLADES BY A COMPUTER TOMOGRAPH**

**V.I. Mitryaikin, A.V. Tazhibaeva, D.M. Bezzametnova, and T.A. Zaitseva**

The paper considers options for the use of various panels made of polymer composite materials (PCM) in the designs of wind turbine blades in order to increase their strength after impact. A technique for applying shock damage to fragments of a wind turbine blade has been developed and implemented. The nature of impact damage to integral panels was studied by X-ray computed tomography.

**Keywords:** renewable energy sources, wind turbine blade, polymer composite materials, impact damage, integrated panel, non-destructive testing, X-ray computed tomography.

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ВЫЗВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЯМИ НАГРУЗКИ**

**Г.В. Никишина, Т.П. Никишин, Е.С. Денисов**

В работе предлагается новая методика оценки параметров электрической модели второго порядка электрохимических источников тока на основе анализа переходных процессов, вызванных скачкообразным изменением нагрузки. Методика идентификации позволяет свести задачу к стандартной процедуре компьютерной настройки модели с двумя экспоненциальными составляющими и решению линейной системы уравнений. Экспериментальные зависимости, полученные для литиевых аккумуляторов, подтверждают работоспособность предложенного метода идентификации.

**Ключевые слова:** идентификация параметров модели, диагностика, электрохимический источник тока, релаксационный процесс, переходная характеристика, изменение нагрузки, электрическая модель второго порядка.

## **IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF THE ELECTRICAL MODEL OF ELECTROCHEMICAL POWER SOURCES BASED ON THE ANALYSIS OF TRANSIENTS PROCESSES CAUSED BY LOAD VARIATION**

**G.V. Nikishina, T.P. Nikishin, and E.S. Denisov**

A new method for estimating the parameters of the second-order electrical model of electrochemical power sources based on the analysis of transient processes caused by a step-like load variation is proposed. The identification technique makes it possible to reduce the problem to a standard procedure for computer fitting a function with two exponential components and solving a linear system of equations. The experimental dependences obtained for lithium batteries confirm the efficiency of the proposed identification method.

**Keywords:** identification of model parameters, diagnostics, electrochemical power source, relaxation process, transient response, load variation, second-order electrical model.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА**

**Т.Ф. Щербакова, С.С. Седов, Р.Р. Марданов,  
А.А. Кобызева, А.И. Валиева**

В работе проведен анализ электрокардиографического сигнала (ЭКС) по вариабельности сердечного ритма (ВСР). В результате построения кардиоинтервалограммы (КИГ) и ее анализа спектральным методом определялась зависимость индекса вагосимпатического взаимодействия от различных начальных значений ЧСС и от состояния человека. Всего было исследовано 30 записей ЭКС длительностью от 12 до 20 мин. По результатам исследования экспериментальным способом был определен порог перехода в состояние дремоты.

**Ключевые слова:** электрокардиосигнал, кардиоинтервалограмма, вариабельность сердечного ритма, спектральный анализ.

## **DETERMINATION OF THE STATE OF A VEHICLE DRIVER ON THE BASIS OF THE ELECTROCARDIAOSIGNAL ANALYSIS**

**T.F. Sherbakova, S.S. Sedov, R.R. Mardanov,  
A.A. Kobyzeva, and A.I. Valieva**

The paper analyzes the electrocardiographic signal (ECS) by heart rate variability (HRV). As a result of constructing a cardiointervalogram (CIG) and its analysis by the spectral method, the dependence of the vagosympathetic interaction index on various initial values of heart rate and on the state of the person was determined. A total of 30 ECS recordings lasting from 12 to 20 minutes were studied. Based on the results of the study, the threshold for the transition to a state of drowsiness was experimentally determined.

**Keywords:** electrocardiosignal, cardiointervalogram heart rate variability, spectral analysis.