

## МЕТОД РАСЧЕТА ФАЗОВОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПАРОЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ

**М.И. Тонконог, А.Л. Тукмаков**

Приведена методика расчета фазового равновесия многокомпонентной парожидкостной системы, основанная на фундаментальных термодинамических соотношениях и дополненная уравнением состояния PC-SAFT (Perturbed Chain Statistical Association Fluid Theory). Методика расчета применена для описания фазового состояния многокомпонентных нефтегазовых систем на различных стадиях добычи, подготовки и транспортировки. Методика также используется для определения метрологических характеристик средств измерений состава нефтегазоводяных смесей в эталонных устройствах массового расхода газожидкостных систем.

**Ключевые слова:** многокомпонентные парокapельные системы, условия термодинамического равновесия, летучесть компонентов, дегазирование нефти.

## A TECHNIQUE FOR CALCULATING THE PHASE EQUILIBRIUM OF MULTICOMPONENT VAPOR-LIQUID SYSTEMS

**M.I. Tonkonog and A.L. Tukmakov**

This paper describes a technique of calculating the phase equilibrium of a multicomponent vapor-liquid system based on fundamental thermodynamic ratios and complemented with the Perturbed Chain Statistical Associating Fluid Theory (PC-SAFT) equation of state. The technique is intended for describing the phase state of multicomponent oil and gas systems at various stages of production, preparation and transportation. The technique is also applied to define the metrological characteristics of measuring instruments of oil and gas water mixtures in reference devices of mass flow of gas-liquid systems.

**Keywords:** multicomponent oil and gas mixtures, conditions of thermodynamic equilibrium, fugacity of components, decontamination of oil.

**ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСОВ  
МОЩНОГО ЛАЗЕРНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
С ПОМОЩЬЮ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПЛЕНОК  
ОКСИДА ИНДИЯ-ОЛОВА**

**А.Н. Аширов, А.И. Ахмадиев**

Рассмотрена возможность измерения энергии импульсов эксимерного лазера и фотовольтаический эффект от наклонной пленки оксида индия-олова при воздействии на нее ультрафиолетовым излучением. Предложен вариант построения измерителя энергии оптического импульса на основе наблюдаемого эффекта, а также проведены измерения его точностных характеристик.

**Ключевые слова:** фотоэлектрический эффект, измеритель пиковой мощности, энергия, оксид индия-олова, эксимерный лазер.

**MEASURING THE ENERGY OF PULSES OF A POWERFUL  
LASER ULTRAVIOLET RADIATION BY MEANS  
OF A PHOTOELECTRIC EFFECT OF INDIA-TIN OXIDE FILMS**

**A.N. Ashirov and A.I. Akhmadiev**

In this paper, the possibility of measuring the pulse energy of an excimer laser is considered. The photovoltaic effect of an inclined film of indium tin oxide on exposure to ultraviolet radiation is considered. A variant is proposed for constructing an optical pulse energy meter based on the effect being observed and its accuracy characteristics are measured.

**Keywords:** photoelectric effect, peak power meter, energy, indium tin oxide, excimer laser.

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК КАЛИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1**

**И.Н. Ганиев, У.Ш. Якубов, М.Т. Назарова, М.З. Курбонова**

Теплоемкость алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 (Al+1масс.%Ве), легированного калием, определялась в режиме «охлаждения», по известной теплоемкости эталонного образца из меди марки М00. По экспериментально найденным величинам скоростей охлаждения образцов из сплавов и эталона с учетом их массы установлены полиномы температурной зависимости теплоемкости сплавов, которые описываются четырехчленным уравнением. С использованием интегралов от удельной теплоемкости вычислялась температурная зависимость изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Показано, что добавки калия уменьшают теплоемкость, но увеличивают энтальпию и энтропию исходного сплава АБ1. Величина энергии Гиббса при этом уменьшается. С ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается.

**Ключевые слова:** сплав АБ1, калий, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

## **EFFECT OF POTASS ADDITIVES ON THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF HEAT CAPACITY AND CHANGES IN THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF AB1 ALUMINIUM ALLOY**

**I.N. Ganiev, U.Sh. Yakubov, M.T. Nazarova, and M.Z. Kurbonova**

In this paper, the heat capacity of the aluminum-beryllium alloy AB1 (Al + 1 wt.% Be) doped with potassium was determined in the “cooling” mode, using the known heat capacity of a reference specimen made of M00 copper grade. Using the experimentally found values of the cooling rates of samples from alloys and a reference taking into account their masses, polynomials are established for the temperature dependence of the heat capacity of alloys that are described by a four-term equation. Using the integrals with respect to the specific heat, the temperature dependence of the changes in enthalpy, entropy, and the Gibbs energy was calculated. It was shown that potassium additives decrease the heat capacity, but increase the enthalpy and entropy of the initial AB1 alloy. The value of Gibbs energy decreases. The heat capacity, enthalpy, and entropy of the alloys increase and the Gibbs energy decreases with increasing temperature.

**Keywords:** AB1 (Al+1%Be) alloy, potassium, heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

## ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БИНАРНЫХ СПЛАВОВ ЦИНКА

**В.В. Сагадеев, Л.А. Смирнова, В.А. Аляев**

Абсолютным радиационным методом измерены нормальные интегральные степени черноты жидких сплавов: цинк – кадмий, цинк – олово и цинк – алюминий при различных температурах и концентрациях металлов.

**Ключевые слова:** степень черноты сплава, свойства приповерхностного слоя, кристаллическая решетка, состояние металлической жидкости.

## THERMAL RADIATION OF BINARY ALLOYS OF ZINC

**V.V. Sagadeev, L.A. Smirnova, and V.A. Alyaev**

The normal integral degrees of blackness of liquid alloys, namely, zinc – cadmium, zinc – tin and zinc – aluminum at different temperatures and metal concentrations were measured by the absolute radiation method.

**Keywords:** degree of blackness of the alloy, properties of the surface layer, crystal lattice, state of metallic liquid.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НЕСТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИСТЕМЫ «НЕФТЬ – СВЕРХКРИТИЧЕСКИЙ CO<sub>2</sub>» В ОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ**

**А.В. Радаев, Н.А. Васенева, А.Н. Сабирзянов**

Предложена математическая модель смешивающегося режима фильтрации нефти и сверхкритического CO<sub>2</sub> в однородной пористой среде, основанная на экспериментальных и расчетных данных по вязкости, плотности вязкого потока, фазовых проницаемостях нефти и сверхкритического CO<sub>2</sub>. Произведен расчет значения нефтенасыщенности пористой среды нефтями различной вязкости после вытеснения с использованием сверхкритического CO<sub>2</sub>. Приведены результаты расчета.

**Ключевые слова:** сверхкритический флюид, нестационарная фильтрация, остаточная нефтенасыщенность, математическая модель, IMPES-метод.

## **MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF NONSTATIONARY FILTRATION OF THE “OIL-SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>” SYSTEM IN A HOMOGENEOUS STRATUM IN A WIDE INTERVAL OF CHANGING TEMPERATURES AND PRESSURES**

**A.V. Radaev, N.A. Vaseneva, and A.N. Sabirzyanov**

This paper proposes a mathematical model of the mixing-up mode of filtration of oil and supercritical CO<sub>2</sub> in homogeneous porous environment based on experimental and design data on viscosity, density of a viscous stream, phase permeability of oil and supercritical CO<sub>2</sub>. The value of oil saturation of the porous medium with oils of different viscosity after displacement was calculated using supercritical CO<sub>2</sub>. The calculation results are given.

**Keywords:** supercritical fluid, nonstationary filtration, residual oil saturation, mathematical model, IMPES method.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗГИБА ЗАКРАИНЫ И ПОСАДОЧНОЙ ПОЛКИ ОБОДА АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА ПРИ СИММЕТРИЧНОМ НАГРУЖЕНИИ**

**Е.А. Максимов, Е.П. Устиновский, И.О. Еговцев**

Представлена технология производства колес, в которой наиболее трудоемким является изготовление ободьев. Выполнен расчет напряженно-деформированного состояния закраины и посадочной полки обода под действием распределенной нагрузки. Минимальная величина эпюры наблюдается для точек, находящихся на скруглении закраины и посадочной полки обода.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, закраина и посадочная полка обода, автомобильное колесо.

## **MATHEMATICAL MODEL OF THE BEND FOR THE EDGE AND BEAD SEAT OF THE AUTOMOBILE WHEEL RIM AT SYMMETRICAL LOADING**

**E.A. Maksimov, E.P. Ustinovskii, and I.O. Egovtsev**

The paper presents the technology of wheel production, in which the production of rims is the most labor-intensive. We analyze the stress-strain state of the edge and bead seat of the rim under the action of a distributed load. The minimum magnitude in the diagram is observed for the points located on rounding-off of the edge and bead seat of the rim.

**Keywords:** stress-strain state, rim edge and bead seat, automobile wheel.

## **ОБОБЩЕННАЯ МАШИНА ДЛЯ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ОБМОТКОЙ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ**

**А.Ю. Афанасьев, А.Н. Алмакки, А.А. Петров**

Рассматривается асинхронный двигатель с обмоткой статора, имеющей две полуобмотки, одна из которых соединена в звезду, а вторая – в треугольник. С помощью теории обобщенной машины получено описание обмотки статора, соответствующее обычной трехфазной обмотке с определенными параметрами и допускающее анализ установившихся и переходных процессов в электроприводе.

**Ключевые слова:** электрическая машина, трехфазная обмотка, фаза, напряжение, ток, обобщенная машина, двойное питание, электромагнитный момент, векторная диаграмма.

## **GENERALIZED MACHINE FOR AN ALTERNATING CURRENT MACHINE WITH THE WINDING OF DOUBLE FEEDING**

**A.Yu. Afanas'ev, A.N. Almacky, A.A. Petrov**

In this paper, we consider an induction motor with stator winding, having two half-windings, one of which is united in star and the second one – in triangle. The description of the stator winding, which corresponds to the usual three-phase winding with the specified parameters and allows the analysis of steady and transient processes in electric drive, was obtained by means of the generalized machine theory.

**Keywords:** electric machine, three-phase winding, phase, voltage, current, generalized machine, double power supply, electromagnetic torque, vector diagram.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА СТАЛИ ПО СОДЕРЖАНИЮ СЕРЫ**

**Т.В. Швеёва, Г.Ф. Мухаметзянова, А.И. Швеёв,  
В.И. Асташенко, Д.Н. Пермяков**

Представлен сравнительный анализ по содержанию серы в стали 20ХГНМТА, выплавляемой различными металлургическими комбинатами. Приводятся результаты исследования по обрабатываемости резанием заготовок из стали с содержанием серы 0,002...0,022 %.

**Ключевые слова:** примеси в стали, сульфиды, обрабатываемость резанием, наклеп, стружкообразование, стойкость инструмента, микротвердость.

## **TECHNOLOGICAL JUSTIFICATION OF STEEL COMPOSITION ON SULFUR CONTENT**

**T.V. Shveeva, G.F. Mukhametzyanova, A.I. Shveev,  
V.I. Astashchenko, and D.N. Permyakov**

The paper presents a comparative analysis on sulfur content in the 20KhGNMТА steel melted by various iron and steel works. Findings of investigation on cutting workability of blanks from steel with sulfur content from 0.002 % to 0.022 %, are given.

**Keywords:** impurity in steel, sulfides, cutting workability, peening, chip forming, tool life, microhardness.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНЫХ ФОРМОИЗМЕНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВТУЛКА» ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАВАРКИ ПРОВОЛОКОЙ**

**И.Н. Зыбин, В.В. Зезюля, А.А. Родин**

Выполнено моделирование радиальных формоизменений внутренних поверхностей деталей типа «втулка» после электроконтактной наварки проволокой. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными по наварке наружных поверхностей деталей типа «втулка» с разной толщиной стенки.

**Ключевые слова:** электроконтактная наварка, втулка, радиальные формоизменения.

## **RESEARCH OF RADIAL CHANGES IN THE PARTS OF “BUSHING” TYPE AFTER ELECTROCONTACT WELDING OF THE WIRE**

**I.N. Zybin, V.V. Zezyulya, and A.A. Rodin**

The radial changes of the internal surfaces of the parts of “bushing” type after the electrocontact welding of the wire were simulated. The results obtained are in satisfactory agreement with the experimental data on the welding of the external surfaces of the parts of “bushing” type with different thicknesses of wall.

**Keywords:** electrocontact welding, bushing, radial changes.

## **РАЗРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ СТАЛИ**

**И.Х.А. Аль Умари, М.Г. Фазлыяхматов, В.Г. Саиткулов**

Рассмотрен метод ультразвукового исследования содержания примесных частиц в смазочно-охлаждающей жидкости, подаваемой в контактную зону шлифования стали 14ХГС и 18Г2АФпс. Для реализации метода создана экспериментальная установка. Выполнены исследования шлифованием поверхности металла, проведен анализ зависимости шероховатости поверхности  $R_z$  от концентрации примесей.

**Ключевые слова:** ультразвуковая диагностика, смазочно-охлаждающая жидкость, концентрация примесей, шлифование металла, шероховатость поверхности.

## **DEVELOPMENT OF THE ULTRASONIC METHOD FOR MONITORING THE QUALITY OF CUTTING FLUIDS IN STEEL METAL PROCESSING**

**I.H.A. Al-Umari, M.G. Fazlyiyakhmatov, and V.G. Saitkulov**

A method of the ultrasonic analysis of the impurity particles content in the cutting fluid supplied to the contact zone for grinding the 14HGS and 18G2AFps steels is considered. An experimental setup was created to implement the method. Studies were carried out by grinding the metal surface. The dependence of the surface roughness  $R_z$  on the impurity concentration is analysed.

**Keywords:** ultrasonic diagnostics, cutting fluid, impurity concentration, metal grinding, surface roughness.

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ В ПОНЯТИЙНОМ АППАРАТЕ ОРГАНИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА**

**И.Г. Мардамшин, И.Ш. Шарафеев, Г.Ф. Мингалеев, О.Е. Зилянева**

Представлена полномасштабная область исследований организации нормирования труда в разрезе всех трудовых процессов, выполняемых предприятием в соответствии с их уставной деятельностью. Показаны практические приложения организации нормирования труда, классификация выполняемых процессов и трудоемкости. Введено понятие взвешенной трудоемкости, предложена математическая зависимость расчета напряженности труда.

**Ключевые слова:** нормирование труда, трудоемкость, напряженность труда, приложения организации нормирования труда.

## **SOME NOTIONS IN ORGANIZATION OF LABOR STANDARDS**

**I.G. Mardamshin, I.Sh. Sharafeev, G.F. Mingaleev, and O.E. Zilyaneva**

The paper presents a full-scale area of research on the organization of labor rate setting in the context of all labor processes performed by the enterprise in accordance with their statutory activities. The practical applications in organization of labor rate setting, classification of processes and labor input are shown. This paper introduces the concept of weighted labor and presents the mathematical dependence of calculating the labor intensity.

**Keywords:** labor rate setting, labor input, labor intensity, applications of labor rate setting organization.

## **БЕСТИГЕЛЬНОЕ ЛИТЬЕ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ НА УСТАНОВКАХ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ПОДОГРЕВА ФОРМЫ**

**Е.П. Круглов, Э.Р. Галимов, А.В. Беляев,  
К.Е. Круглов, Л.В. Сироткина**

Рассмотрена технология изготовления лопаток турбины на установках полунепрерывного подогрева формы методом бестигельного литья, успешно апробированным на предприятии по изготовлению газотурбинных двигателей. Экспериментально установлено, что применяемый метод значительно уменьшает затраты на изготовление лопаток, сокращает брак лопаток и приводит к экономии основного материала.

**Ключевые слова:** бестигельное литье, лопатки турбины, технология, качество.

## **CRUCIBLELESS CASTING OF TURBINE BLADES ON INSTALLATIONS OF SEMICONTINUOUS MOULD HEATING**

**E.P. Kruglov, E.R. Galimov, A.V. Belyaev,  
K.E. Kruglov, and L.V. Sirotkina**

The paper considers the technology of manufacturing the turbine blades on installations of semi-continuous mould heating by the method of crucibleless casting. This method was successfully tested at a gas turbine engine manufacturing facility. It was experimentally established that the method used significantly reduces the cost of blade manufacturing and the rejection rate of blades as well as it leads to savings in the basic material.

**Keywords:** crucibleless casting, turbine blades, technology, quality.

## **РОЛЬ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ БЕРЕЖЛИВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

**А.И. Шинкевич, Н.В. Барсегян, В.М. Бабушкин**

Выявлена роль бережливого производства в условиях технологической модернизации. Рассмотрены основные методы и этапы внедрения системы на предприятиях нефтехимического комплекса. Система бережливого производства определена как один из факторов конкурентоспособности продукции и предприятия. В реализации системы бережливого производства основная роль отведена обеспеченности кадрами предприятия.

**Ключевые слова:** бережливое производство, кадры, промышленность, организация производства, нефтехимический комплекс.

## **THE ROLE OF HUMAN RESOURCES IN THE IMPLEMENTATION OF LEAN PRODUCTION SYSTEM PROJECTS**

**A.I. Shinkevich, N.V. Barsegyan, and V.M. Babushkin**

The paper reveals the role of lean production in terms of technological modernization. The main methods and stages of the system implementation at petrochemical enterprises are considered. The system of lean production is defined as one of the factors of competitiveness of both products and enterprises. In the implementation of the lean production system, the main role is assigned to the staffing of the enterprise.

**Keywords:** lean production, personnel, industry, organization of production, petrochemical complex.

## **РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АО «КВАРТ»**

**А.И. Шинкевич, Г.Ф. Мингалеев, М.Е. Надеждина**

Рассматривается разработка системы планирования снабжения при помощи экономико-математического моделирования для получения научно обоснованного результата и в дальнейшем – формулировки рекомендаций по улучшению организации производства на предприятии.

**Ключевые слова:** моделирование, планирование, интегрированное автоматизированное планирование, математическая оптимизация.

## **DEVELOPMENT OF EFFECTIVE PLANNING OF MATERIAL AND TECHNICAL RESOURCES IN ORGANIZATION OF AO KVART PRODUCTION PROCESSES**

**A.I. Shinkevich, G.F. Mingaleev, and M.E. Nadezhdina**

The paper considers the development of a supply planning system using economic and mathematical modeling to obtain a science-based result and formulate further the recommendations for improving the industrial management at the enterprise.

**Keywords:** modeling, planning, integrated automated planning, mathematical optimization.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**С.С. Кудрявцева, М.В. Шинкевич, В.М. Бабушкин**

Обобщены подходы к понятию производственных логистических систем. Отражены показатели, характеризующие ресурсоемкость производственных логистических систем. Выявлены ключевые направления повышения эффективности организации производственных процессов в логистических системах. На основе экономико-математического моделирования определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на эффективность производственных логистических систем.

**Ключевые слова:** организация производства, логистическая система, производственная эффективность, экономическая эффективность, потоки, ресурсоемкость производства, экономико-математическая модель.

## **IMPROVING THE MANAGEMENT EFFECTIVENESS FOR THE PRODUCTION LOGISTICS SYSTEM**

**S.S. Kudryavtseva, M.V. Shinkevich, and V.M. Babushkin**

A summary of approaches to the concept of production logistics systems is presented. Indicators characterizing the resource capacity of production logistics systems are given. The key directions in increasing the management efficiency of production processes in logistics systems are revealed. We identify the factors that have the greatest influence on the efficiency of production logistics systems based on the economic and mathematical modeling.

**Keywords:** production organization, logistics system, production efficiency, economic efficiency, streams, production resource, economic and mathematical model.

## **ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ЗАВЕС НА ПРОФИЛЕ ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК ГТД**

**А.В. Ильинков, В.В. Такмовцев, А.В. Щукин, Н.Ф. Максимов,  
Д.И. Енизеркин**

Обсуждаются проблемы, которые решаются при разработке современных и перспективных систем пленочного охлаждения турбинных лопаток. Рассмотрен опыт размещения поясков перфораций на профильной поверхности лопаток. Приведена схема разработанной экспериментальной установки и использованная технология получения профилированных отверстий. Представлены результаты тестовых экспериментов по траверсированию потоков за сечением вдува для цилиндрического и веерного отверстий.

**Ключевые слова:** лопатка турбины, входная и выходная кромки, система охлаждения, тепловая завеса, цилиндрические и профилированные отверстия вдува, технология изготовления отверстий.

## **ARRANGEMENT OF COOLING SCREENS ON TURBINE BLADE PROFILES OF GAS TURBINE ENGINES**

**A.V. Il'inkov, V.V. Takmvtsev, A.V. Shchukin, N.F. Maksimov,  
and D.I. Enizerkin**

Challenges encountered in the development of modern and novel promising systems of film cooling of turbine blades are discussed. The practice of making bands of perforation holes along the blade profile is examined. The layout of the developed experimental setup is demonstrated, and technology employed for profiled perforation is described. The results of test experiments on flow traversing downstream of the blowing section are presented for cylindrical and fan-shaped perforation holes.

**Keywords:** turbine blade, leading and trailing edges, cooling system, cooling screen, cylindrical and profiled perforations for blowing, perforation technology.



## **ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

**Э.Э. Шарафутдинова, Т.Ю. Матвеева, А.Р. Каримова, А.В. Лаврентьева**

Рассмотрен процесс цифровизации, реализация стратегии которой приводит к снижению доли человеческого труда на предприятиях. Ставится вопрос подготовки квалифицированных кадров, способных работать в машиностроении.

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровая трансформация, стратегия цифровизации, производство, машиностроительная область, машиностроение, подготовка кадров, профессиональные компетенции.

## **TRAINING OF PERSONNEL FOR THE MACHINE-BUILDING FIELD IN THE CONDITIONS OF IMPLEMENTATING THE STRATEGY OF PRODUCTION DIGITALIZATION**

**E.E. Sharafutdinova, T.Yu. Matveeva, A.R. Karimova, and A.V. Lavrent'eva**

The paper considers the process of digitalization. The implementation of its strategy leads to a decrease in the share of human labor in enterprises. The question of training the qualified personnel capable of working in mechanical engineering is raised.

**Keywords:** digitalization, digital transformation, strategy of digitalization, production, machine-building area, mechanical engineering, personnel training, professional competences.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА**

**В.В. Пахов, Д.В. Неделько, М.А. Ледянкин,  
Т.А. Аглиуллин, Р.Р. Губайдуллин**

Рассмотрено обеспечение возможности проведения исследований модельного несущего винта, предназначенного для проведения испытаний на частотах вращения до 2500 об./мин в аэродинамической трубе. Определены основные проектные параметры втулки модельного винта на основе расчетных оценок статической прочности, а также расчетной оценки форм и частот собственных колебаний для отстройки от резонансных колебаний. Сформирован базовый принцип действия системы измерений для определения деформаций лопастей исследуемого несущего винта в процессе модельного эксперимента.

**Ключевые слова:** вертолет, модельный несущий винт, втулка.

## **TECHNICAL ASSISTANCE DURING A MODEL EXPERIMENT WITH A HELICOPTER MODEL OF MAIN ROTOR**

**V.V. Pakhov, D.V. Nedel'ko, M.A. Ledyankin,  
T.A. Agliullin, and R.R. Gubaidullin**

Feasibility of carrying out investigation on a main rotor model, which is designed to be operated at frequencies up to 2500 rpm in wind tunnel conditions, is discussed. Main design parameters of the model rotor hub are obtained based on calculated estimates of static load strength and also calculated estimates of the shape and natural fundamental frequencies in order to counter the vibration resonance. The underlying operation principle of the system is formed, making it possible to estimate the deformation of the main rotor blades being investigated during model experiments.

**Keywords:** helicopter, main rotor model, rotor hub, rotor rig.

## **СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

**А.Р. Губаев**

Рассмотрены принципы построения систем удаленного мониторинга промышленного энергетического оборудования. Проведен анализ существующих систем мониторинга. Предложена архитектура системы удаленного мониторинга, включающая сервер обработки данных, систему защиты информации и персональные компьютеры пользователей.

**Ключевые слова:** система управления, удаленный мониторинг, генерирующее оборудование, сервер.

## **THE REMOTE MONITORING SYSTEM FOR STEAM-GAS PLANTS**

**A.R. Gubaev**

The paper discusses the principles of building the remote monitoring systems for industrial energy equipment. The analysis of existing monitoring systems is performed. The architecture of a remote monitoring system is proposed, which includes a data processing server, an information protection system, and personal computers of users.

**Keywords:** control system, remote monitoring, generating equipment, server.

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОМИНИАТЮРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГОЛ – КОД ДЛЯ РАБОТЫ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ТРАНСФОРМАТОРОМ**

**Д.В. Андреев, В.С. Соколов, В.Г. Сaitкулов**

Целью работы является разработка микроминиатюрного преобразователя угол – код для построения каналов оценки угла поворота. К таким современным устройствам относятся системы программного управления промышленными автоматами и роботами. В ходе работы была разработана плата, с помощью которой возможна обработка сигналов индуктивных датчиков линейных и угловых перемещений. Также возможна обработка сигналов емкостных датчиков, конструктивно выполненных по той же технологии, что и синусно-косинусный вращающийся трансформатор.

**Ключевые слова:** аналого-цифровой преобразователь, следящий контур, входной операционный усилитель, вращающийся трансформатор.

## **DEVELOPMENT AND STUDY OF A MICROMINIATURE ANGLE–CODE CONVERTER FOR OPERATION WITH A ROTATING TRANSFORMER**

**D.V. Andreev, V.S. Sokolov, and V.G. Saitkulov**

The aim of the work is to develop a microminiature angle–code converter for constructing the rotation angle estimation channels. Such modern devices include the software control systems for industrial machines and robots. A board was developed with the help of which it is possible to process signals from inductive sensors of linear and angular displacements. It is also possible to process the signals of capacitive sensors, which are structurally made using the same technology as the encoder.

**Keywords:** analog to digital converter, tracking circuit, input operational amplifier, rotating transformer.

## ОПТИМИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ

Ш.И. Галиев, А.В. Хорьков, С.М. Чернявский

Предлагаются математические модели и численные алгоритмы минимизации числа сенсоров и их расположение для мониторинга заданной ограниченной области. В отличие от известных публикаций полагается, что зоны обзора отдельных сенсоров являются выпуклыми областями на плоскости. Вводятся ограничения на расстояния между сенсорами. Предложены методы, позволяющие минимизировать число сенсоров и найти их оптимальные расположения как при вводимых ограничениях, так и без них. Предложен метод определения приближенной нижней границы плотности покрытия зонами обзора сенсоров заданной области. Приведены некоторые результаты численных расчетов.

**Ключевые слова:** беспроводные сенсорные сети, число сенсоров, оптимизация, расположение сенсоров, математические модели.

## OPTIMIZATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR MONITORING OF A GIVEN DOMAIN

Sh.I. Galiev, A.V. Khor'kov, and S.M. Chernyavskii

Mathematical models and numerical algorithms for minimizing the number of sensors and their arrangement for monitoring of a given bounded domain, are proposed. In contrast to the known publications, it is supposed that the fields of view (coverage area) of individual sensors are convex regions on the plane. Restrictions on the distance between the sensors are introduced. Methods are proposed that allow minimizing the number of sensors and finding their optimal arrangement, both with the introduced restrictions and without them. A method is proposed for determining the approximate lower boundary of the covering density by the sensor viewing zones of a given region. Some results of numerical calculations are presented.

**Keywords:** wireless sensor networks, number of sensors, optimization, sensor location, mathematical models.

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Е.А. Абидова, Р.Г. Бабенко, А.Е. Дембицкий**

Представлен подход к повышению достоверности диагностирования электромеханического оборудования по электрическим сигналам. Предложена оценка чувствительности метода диагностирования на основе расчета вероятности ошибок обнаружения. Экспериментально показано, что повышение достоверности технического диагностирования может быть достигнуто за счет применения метода главных компонент к диагностическим сигналам.

**Ключевые слова:** электромеханическое оборудование, токовая диагностика, достоверность, ошибки обнаружения, главные компоненты.

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF DIAGNOSTIC PROCEDURES IN DETERMINING THE OPERATING CONDITIONS OF ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT**

**E.A. Abidova, R.G. Babenko, and A.E. Dembitskii**

The paper presents an approach to improving the reliability of diagnosing the electromechanical equipment by electrical signals. The estimation of the sensitivity of the diagnostic method based on calculating the probability of detection errors is proposed. It is shown experimentally that the increase in the reliability of technical diagnostics can be achieved by applying the principal component method to diagnostic signals.

**Keywords:** electro-mechanical equipment, current diagnostics, reliability, detection errors, principal components.

## **МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОТНОШЕНИЙ ИЗ ТЕКСТОВ БИМЕДИЦИНСКОЙ ТЕМАТИКИ НА ОСНОВЕ КОНТЕКСТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**

**И.С. Алимova**

Оцениваются различные методы представления контекста в задаче извлечения отношений между биомедицинскими сущностями. В рамках исследований были рассмотрены методы представления контекста и проведены эксперименты на двух англоязычных корпусах.

**Ключевые слова:** анализ биомедицинских текстов, извлечение отношений, машинное обучение, нейронные сети, обработка текстов на естественном языке.

## **CONTEXT-AWARE REPRESENTATION BASED METHOD FOR RELATION EXTRACTION FROM BIOMEDICAL TEXTS**

**I.S. Alimova**

This paper is devoted to the evaluation of different context representation models in the task of relation extraction between biomedical entities. In the framework of the research, the context representation models were explored and experiments were conducted on the two English corpora.

**Keywords:** analysis of biomedical texts, relation extraction, machine learning, neural networks, natural language processing.

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ОПОЗНАВАНИЯ СИСТЕМЫ МК-ХА (ХИ)**

**Т.М. Хуснутдинов, А.Ф. Надеев, Г.В. Белоглазов, А.К. Евдокимов**

Рассматривается роль интегрирующего устройства в составе корабельного бортового радиоэлектронного оборудования средств государственного опознавания при сопряжении с многофункциональными радиолокационными комплексами. Представлены результаты разработки интегрирующего устройства для систем вторичной радиолокации АТС RBS.

**Ключевые слова:** система опознавания, запросчик, радиолокационная станция, программируемые логические интегральные схемы.

## **ANALYSIS OF THE POSSIBILITY TO INTEGRATE MK-XA(XII) SYSTEM IDENTIFICATION INFORMATION**

**T.M. Khusnutdinov, A.F. Nadeev, G.V. Beloglazov, and A.K. Evdokimov**

The paper considers the role of the integrating device in the shipborne onboard radioelectronic equipment as a part of IFF systems in conjugation with multifunctional radar systems. We present the results of developing the prototype of integrating device for the ATC RBS system.

**Keywords:** identification friend or foe (IFF), interrogator, radar station, field-programmable gate array.



## **КУРСОВАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМИРУЮЩЕГОСЯ САМОЛЕТА ПРИ НЕИНВАРИАНТНОСТИ К ВОЗМУЩЕНИЯМ**

**А.С. Мещанов**

Предлагается синтез эффективного многоуровневого управления нового типа с формированием скользящего режима по заданной фазовой прямой в рамках скольжения по плоскости. В результате создается сначала нулевой уровень управления из переключаемых составляющих управлений, формирующих его первый уровень с обычным скольжением на плоскости, а затем второй уровень со скольжением по прямой на данной плоскости. Условия инвариантности системы к возмущениям не требуются, экспоненциальное затухание процесса по фазовой прямой определяет высокое качество переходных процессов.

**Ключевые слова:** стабилизация, нелинейность, перекрестные связи, неопределенный момент сухого трения, подвижные плоскости скольжения, прямые скольжения, управление, переходные процессы, качество.

## **HEADING CONTROL OF A FLEXIBLE AEROSPACE PLANE WITH NON-INVARIANCE TO PERTURBATIONS**

**A.S. Meshchanov**

The synthesis of an effective multilevel control of a new type with the formation of a sliding mode along a given phase line in the framework of sliding along the plane is proposed. As a result, first, a zero control level is created from switchable control components, forming its first level with a normal slide on the plane, and then a second level with a straight slide on this plane. Conditions of invariance of the system to perturbations are not required, exponential attenuation of the process along the phase line determines the high quality of transients.

**Keywords:** stabilization, nonlinearity, cross-connections, uncertain moment of dry friction, moving sliding planes, direct sliding, control, transients, quality.

## ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА

**И.М. Лернер**

На основе математического моделирования частотно селективных каналов связи с межсимвольными искажениями получены адекватные оценки предельной удельной пропускной способности для беспроводных систем связи (построенных на новой теории разрешающего времени), в которых применяются многопозиционные амплитудно-фазоманипулированные сигналы. Сформулированы критерии для оптимизации формы амплитудно-частотной характеристики канала связи и конфигурации сигнальных созвездий. Получены результаты, подтверждающие принципиальную возможность достижения удельной пропускной способности не менее 8,6 бит/с·Гц. Проведено сравнение полученных результатов с существующими системами связи, позволяющее говорить о выигрыше по пропускной способности при наличии межсимвольных искажений не менее 30–40 %.

**Ключевые слова:** межсимвольные искажения, АФМн- $N$ -сигналы, теория разрешающего времени, максимизация пропускной способности, окна прозрачности.

## CAPACITY ESTIMATION OF WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON THE CHOICE OF THE OPTIMAL COMPLEX FREQUENCY CHANNEL RESPONSE

**I.M. Lerner**

On the basis of mathematical modeling of frequency-selective communication channels with intersymbol interference, adequate estimates of the ultimate unity capacity for wireless communication systems based on a new theory of resolution time, in which multiposition amplitude-phase-shifted signals are used, are obtained. Criteria are formulated to optimize the shape of the amplitude-frequency responses of the communication channel and the configuration of signal constellations. The results obtained confirm the fundamental possibility of achieving a specific capacity of at least 8.6 bit/s·Hz. A comparison of the results with the existing communication systems allows us to talk about a gain in unity capacity in the presence of intersymbol interference of at least 30-40%.

**Keywords:** ISI, APSK- $n$  signals, resolution time theory, capacity maximization, transparency windows.

## СИНТЕЗ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

**М.А. Исанькин, А.И. Маликов**

Для телеоперационной системы решается задача синтеза управления в виде обратной связи, обеспечивающего стабилизацию заданного положения при действии неопределенных ограниченных возмущений и учете ограничений на управление, слежение подчиненного манипулятора за движением главного и передачу обратной связи с подчиненного манипулятора на главный.

**Ключевые слова:** телеоперационная система, неопределенные возмущения, ограниченность на конечном интервале, стабилизация заданного положения.

## CONTROL SYNTHESIS OF TELEOPERATION SYSTEMS

**M.A. Isan'kin and A.I. Malikov**

The problem of control synthesis in the state feedback form is solved for a teleoperation system. The control provides stabilization of a given position under the action of uncertain bounded disturbances and taking into account constraints on control, tracking of the slave manipulator for the movement of the master one and transmitting the feedback from the slave manipulator to the master manipulator.

**Keywords:** teleoperation system, uncertain disturbances, finite time boundedness, stabilization of a given position.

## **ПРОДОЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ИНЕРЦИОННЫМ РУЛЕМ С ДВУХУРОВНЕВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРИ ВОЗМУЩЕНИЯХ**

**С.О. Богданов, Р.Ф. Калимуллин, А.С. Мещанов, А.А. Балоев**

Решается задача эффективной стабилизации программного продольного движения БПЛА при неинвариантной к возмущениям системы уравнений с размерностью, равной пяти. В результате введения в выражение гиперплоскости обычного скольжения (первого порядка) дополнительного, как слагаемого, управления создается новое скольжение (второго порядка) уже на плоскости с размерностью системы равной трем и не содержащей возмущений. В качестве управления для получения высоких требуемых динамических свойств выступает задание параметров указанной плоскости скольжения и, отчасти, первой гиперплоскости скольжения.

**Ключевые слова:** линейный объект, неопределенные возмущения, неинвариантность, скользящие режимы первого и второго порядков, подвижность многообразия скольжения, качество процессов.

## **PITCH STABILIZATION OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE BY AN INERTIAL RUDDER WITH TWO-LEVEL CONTROL UNDER PERTURBATIONS**

**S.O. Bogdanov, R.F. Kalimullin, A.S. Meshchanov, and A.A. Baloev**

The problem of effective stabilization of the program longitudinal motion of the UAV with a non-invariant perturbation system of equations with a dimension equal to five, is solved. The introduction in the hyper plane expression of the normal slide (first order) additional as control term, creates a new slide (second order) on the plane with the dimension of the system equal to three and that contains no disturbances. As a control for obtaining the high required dynamic properties, the parameters of the specified sliding plane and, in part, the first sliding hyper plane, are set.

**Keywords:** linear object, indeterminate perturbations, noninvariance, sliding modes of the first and second orders, mobility of sliding manifold, quality of processes.