

ФИЗИКА

УДК 681.121.4

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РАСХОДА В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОМ ПОТОКЕ

А.А. Борисов, Э.М. Гершман, Д.С. Пругло, В.А. Фафурин, В.Б. Явкин

Проведено исследование влияния неизоотермичности потока воды на метрологические характеристики ультразвукового преобразователя расхода. Неизоотермичность потока создавалась инжектированием небольшого количества подогретой воды в непосредственной близости от исследуемого расходомера. Эксперименты показали, что наличие неоднородности поля температур приводит к появлению дополнительной погрешности объемного расхода, зависящей от разности температур и отношения расхода инжектируемого подогретого потока к основному потоку. Инжектирование подогретого потока приводит к возникновению низкочастотных флуктуаций в показаниях ультразвукового преобразователя расхода, которые вызваны флуктуациями профиля температуры.

Ключевые слова: ультразвуковой преобразователь, расход, неизоотермичность, погрешность, флуктуации.

METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF ULTRASONIC FLOWMETER IN NON ISOTHERMAL STREAM

A.A. Borisov, E.M. Gershman, D.S. Pruglo, V.A. Fafurin, V.B. Yavkin

The influence of non-isothermal flow of water on the metrological characteristics of the ultrasonic flowmeter was studied. Nonisothermic flow created by injecting a small amount of heated water in the vicinity of the test flowmeter. Experiments have shown that the presence of the temperature field inhomogeneity leads to an additional uncertainty volume flow rate, which depends on the temperature difference and the ratio of injected preheated flow to main stream. Injecting preheated stream leads to low-frequency fluctuations in the readings of the ultrasonic flowmeter, which are caused by fluctuations of the temperature profile.

Keywords: ultrasonic flowmeter, flow rate, non-isothermicity, uncertainty, fluctuations.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ УГЛЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ УСТАНОВКИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ

В.В. Гасилин, В.Г. Крюков

Ранее разработанная математическая модель горения распыленного угля в установке с пониженным содержанием вредных выбросов применяется для оценки влияния диаметра частицы угля на характеристики продуктов сгорания. Расчеты выполнялись для диаметров частиц от 20 мк до 60 мк. Установлено значительное влияние этого параметра на энергетические и экологические характеристики рабочего тела.

Ключевые слова: распыленный уголь, горение, вредные выбросы, математическая модель.

INFLUENCE OF SIZES OF COAL PARTICLES ON CHARACTERISTICS OF COMBUSTION PRODUCTS INSTALLATION WITH LOW CONTENT OF HARMFUL EMISSIONS

V.V. Gasilin, V.G. Kryukov

The previously developed mathematical model of combustion of sprayed coal in a low-emission installation is used to assess the impact of coal particle diameter on combustion product characteristics. Calculations were performed for particle diameters from 20μm to 60 μm. The significant influence of this parameter on energy and ecological characteristics of the working body is established.

Keywords: atomized coal, combustion, harmful emissions, mathematical model.

СКОЛЬЗЯЩИЙ РАЗРЯД КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

**Б.А. Тимеркаев, А.О. Софроницкий, М.С. Денисюк,
А.И. Сайфутдинов, А.А. Сайфутдинова**

В работе представлены результаты экспериментов по воздействию плазмой скользящего разряда на жидкие углеводороды. При этом жидкие углеводороды служат в качестве диэлектрика скользящего разряда. В ходе экспериментов установлено, что углеводороды разбиваются на более мелкие фракции и образуются углеродные наночастицы.

Ключевые слова: скользящий разряд, искровой разряд, нанотрубки, тяжелое углеводородное сырье, разложение мазута, легкие фракции.

APPLICATION OF SLIDING DISCHARGE PLASMA FOR DECOMPOSITION OF LIQUID HYDROCARBONS AND PRODUCTION OF CARBON NANOMATERIALS

**B.A. Timerkaev, A.O. Sofronitskii, M.S. Denisyuk,
A.I. Saifutdinov, A.A. Saifutdinova**

The paper presents the results of experiments on the effect of sliding discharge plasma on liquid hydrocarbons. In this case, liquid hydrocarbons serve as a discharge dielectric. It was established that hydrocarbons were broken down into smaller fractions and carbon nanoparticles were formed in the course of the experiments.

Keywords: sliding discharge, spark discharge, nanotubes, heavy hydrocarbon feedstock, decomposition of fuel oil, light fractions.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА,
СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ПОТОКОМ ВОЗДУХА,
С УЧЕТОМ САМОСОПРЯЖЕННОГО НАГРЕВА ЭЛЕКТРОДОВ

**А.И. Сайфутдинов, А.А. Сайфутдинова, А.О. Софроницкий,
Б.Р. Залялиев, Б.А. Тимеркаев**

В работе представлена физико-математическая модель дугового разряда, стабилизированного потоком воздуха вдоль катода с учетом самосопряженного нагрева электродов. В результате численных экспериментов получены все основные распределения параметров дугового разряда.

Ключевые слова: дуговой разряд, численное моделирование, термоэлектронная эмиссия, самосопряженный нагрев электродов.

MODELING OF THE ARC DISCHARGE STABILIZED BY
THE AIR FLOW, TAKING INTO ACCOUNT SELF-ADJOINT HEATING
OF THE ELECTRODES

A.I. Saifutdinov, A.A. Saifutdinova, A.O. Sofronitskii, B.R. Zalyaliev, B.A. Timerkaev

The paper presents the minimum model of the arc discharge stabilized by the air flow along the cathode from the point of view of taking into account the necessary factors and computational costs. Numerical experiments were carried out to determine the main parameters of the arc discharge.

Keywords: arc discharge, numerical simulation, thermionic emission, self-adjoint heating of electrodes.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.436

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ И СГОРАНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ ДИЗЕЛЕ

Р.Р. Хасанов, А.Х. Хайруллин, В.М. Гуреев, Д.И. Кудусов

Представлены результаты расчетного исследования процессов смесеобразования и сгорания транспортного дизеля на режимах тринадцатиступенчатого цикла (ESC) и по внешней скоростной характеристике. Численным путем установлено количество топлива в характерных зонах в объеме камеры сгорания двигателя.

Ключевые слова: дизель, топливная струя, камера сгорания, процессы смесеобразования и сгорания, турбокомпрессор, моделирование рабочего процесса дизеля, численная модель.

NUMERICAL STUDY OF THE PROCESSES OF MIXTURE FORMATION AND COMBUSTION IN A TRANSPORT DIESEL

R.R. Khasanov, A.Kh. Khairullin, V.M. Gureev, D.I. Kudusov

The results of a computational study of the processes of mixture-formation and combustion of a transport diesel in the 13-step-cycle (ESC) modes and on the external speed characteristic are presented. Numerically, the amount of fuel in the characteristic zones in the volume of the combustion chamber of the engine is determined.

Keywords: diesel, fuel jet, combustion chamber, processes of mixture formation and combustion, turbocompressor, modeling of the diesel working process, computational model.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ РАСХОДА КРИТИЧЕСКОГО СОПЛА (ОБЗОР)

А.В. Мингалеев, А.Б. Яковлев, А.И. Горчев, В.А. Фафурин

В работе представлен обзор литературы по влиянию различных факторов на коэффициент расхода критических сопел, используемых для измерения массового и объемного расходов газа. Коэффициент расхода критического сопла в реальных условиях является функцией многих факторов, большинство из которых можно перечислить, исходя из анализа главного влияющего параметра – толщины вытеснения пограничного слоя: геометрические параметры (форма, размеры, диаметр горла, шероховатость поверхности и др.), число Рейнольдса, свойства газа, температуры газа и стенки.

Ключевые слова: критическое сопло, коэффициент расхода, расход газа, толщина вытеснения пограничного слоя.

THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS ON THE DISCHARGE COEFFICIENT OF CRITICAL FLOW NOZZLE (REVIEW)

A.V. Mingaleev, A.B. Yakovlev, A.I. Gorchev, V.A. Fafurin

The paper presents a literature review on the influence of various factors on the discharge coefficient of critical flow nozzles used to measure the mass and volume gas flow rate. The discharge coefficient of critical flow nozzle under real conditions is a function of many factors most of which can be listed based on the analysis of the main influencing parameter – the displacement thickness of the boundary layer: geometric parameters (shape, dimensions, throat diameter, surface roughness, etc.), Reynolds number, gas properties, gas and wall temperatures.

Keywords: critical flow nozzle, discharge coefficient, gas flow rate, displacement thickness of boundary layer.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ШАРИКОПОДШИПНИКОВ ОПОР ГТД ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТИ

В.В. Рошин, С.Н. Ерахмадов

Приведена перспективная качественная оценка теплового режима тяжело нагруженных шарикоподшипников ГТД повышенной теплонапряженности.

Ключевые слова: тяжело нагруженные шарикоподшипники, тепловое состояние, внешний подогрев, средняя опора роторов, газотурбинный двигатель.

FEATURES OF THE CALCULATION OF THERMAL MODES OF BALL BEARINGS SUPPORTS OF THE GTE INCREASED THERMAL STRESS

V.V. Roschin, S.N. Erakhmadov

The promising a qualitative assessment of the thermal regime of heavily loaded bearings GTE increased thermal stress are given.

Keywords: heavily loaded bearings, thermal state, external heating, the average prop rotors, turbine engine.

ИНСТРУМЕНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Л.А. Исмагилова, М.П. Галимова, Т.А. Гилева

Показаны преимущества бизнес-модели как инструмента организации процессов создания конкурентоспособной продукции. Дана краткая характеристика ключевых тенденций цифровой экономики. Обоснована необходимость первоочередного развития отраслей, формирующих технологический фундамент телекоммуникационной отрасли. Проведена диагностика и выделены проблемы развития радиоэлектронной промышленности как драйвера цифровой экономики. Представлен сравнительный анализ традиционных бизнес-моделей отраслевого развития. Разработана цифровая бизнес-модель создания конкурентоспособной продукции в радиоэлектронной промышленности.

Ключевые слова: конкурентоспособность, цифровая экономика, радиоэлектронная промышленность, цифровая бизнес-модель.

THE TOOLS OF ORGANIZATION OF PROCESSES OF CREATION COMPETITIVE PRODUCTS IN THE DIGITAL ECONOMY

L.A. Ismagilova, M.P. Galimova, T.A. Gileva

The advantages of the business model as a tool of organization of processes of creation competitive products are shown. A brief description of key trends in the digital economy is given. The necessity of the primary development of industries forming the technological foundation of the telecommunications industry is substantiated. Diagnostics has been carried out and the problems of the development of the electronic industry as drivers of the digital economy have been singled out. A comparative analysis of traditional business models of sectoral development is presented. A digital business model for the creation of competitive products in the electronic industry has been developed.

Keywords: competitiveness, digital economy, radio electronic industry, digital business model.

К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ: КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

И.Ш. Шарафеев, А.М. Телишев, Г.Ф. Мингалеев

Неуклонный рост производственных задач, решаемых с использованием компьютерных технологий, актуализирует необходимость их интеграции. В данной статье внимание акцентируется на способах реализации комплексной автоматизации. Для этого выполнен краткий экскурс в историю становления разработок, связанных с интеграцией различных систем автоматизации. Введены некоторые базовые понятия по программно-методическим комплексам и по разновидностям производственных процессов. Предложены способы интеграции систем автоматизации.

Ключевые слова: комплексная автоматизация, комплексная система, интегрированная система, способы интеграции, условия интеграции.

TO THE QUESTION OF INTEGRATED AUTOMATION: COMPLEX SYSTEMS, INTEGRATED SYSTEMS

I.Sh. Sharafeev, A.M. Telishev, G.F. Mingaleev

The steady growth of production problems solved with the use of computer technologies, actualizes the need for their integration. This article focuses on how to implement complex automation. For this, a brief excursion into the history of the development of developments related to the integration of various automation systems was made. Some basic concepts on program-methodical complexes and on types of production processes are introduced. Methods for integrating automation systems are proposed.

Keywords: complex automation, integrated system, integrated system, integration methods, integration conditions.

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
В КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ ОРГАНИЗАЦИИ
И МОНИТОРИНГА ОПЛАТЫ ТРУДА
НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Г.Ф. Мингалеев, Ф.Н. Багаутдинов, В.М. Бабушкин, И.Ш. Шарафеев, А.А. Трутнева

В данной статье разработана концепция использования трудовых ресурсов на промышленном предприятии в виде совокупности технико-технологических, правовых, социально-экономических и административных методов. Проведен анализ производственных и бизнес-процессов в концептуальной платформе организации и мониторинга оплаты труда, разработаны практические рекомендации.

Ключевые слова: бережливое производство, предприятие, анализ, оплата труда, бизнес-процессы, программно-аппаратный комплекс.

**ANALYSIS OF PRODUCTION AND BUSINESS PROCESSES IN
THE CONCEPTUAL PLATFORM OF THE ORGANIZATION
AND MONITORING OF INCENTIVE REMUNERATION
AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISE**

G.F. Mingaleev, F.N. Bagautdinov, V.M. Babushkin, I.Sh. Sharafееv, A.A. Trutneva

This article developed the concept of using labor resources at an industrial enterprise in the form of a set of technical-technological, legal, socio-economic and administrative methods. The analysis of production and business processes in a conceptual platform for the organization and monitoring of remuneration has been carried out, practical recommendations have been developed.

Keywords: lean manufacturing, enterprise, analysis, remuneration, business processes, hardware and software.

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.В. Каляшина, Р.Н. Гусев, Э.Л. Халикова, Е.А. Моисеева

На сегодняшний день при высоком уровне внедрения роботизированных систем в производственные процессы все большую актуальность приобретает проблема обеспечения точности позиционирования рабочих органов роботов-манипуляторов. В данном научном исследовании проведено сравнение точности робототехнических устройств разных модификаций: робота-манипулятора и гексапода. Полученные экспериментальные данные подтверждают факт более высокой точности позиционирования робота конструкции гексапод.

Ключевые слова: точность позиционирования, калибровка, инструмент, робот-манипулятор, гексапод.

COMPARISON OF POSITIONING ACCURACY OF ROBOTIC COMPLEXES OF VARIOUS DESIGNS

A.V. Kalyashina, R.N. Gusev, E.L. Khalikova, E.A. Moiseeva

To date, with a high level of implementation of robotic systems in production processes, the problem of ensuring the accuracy of positioning of the working bodies of robotic manipulators is becoming increasingly important. In this scientific study, the accuracy of robotic devices of different modifications is compared: robot manipulator and hexapod. The obtained experimental data confirm the fact of higher positioning accuracy of the robot of hexapod construction.

Keywords: positioning accuracy, calibration, tool, robot manipulator, hexapod.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ТУРБОМАШИН СО СФЕРИЧЕСКИМИ ВЫЕМКАМИ

А.В. Ильинков, В.В. Такмовцев, А.В. Щукин, И.И. Хабибуллин, А.М. Ерзиков

Представлены результаты опытного исследования гидродинамических процессов в щелевых уплотнениях быстроходных турбомашин, использующих в качестве рабочего тела жидкость или газ. Установлено, что нанесение сферических выемок на вращающийся элемент щелевого уплотнения позволяет уменьшить утечки через щелевой радиальный зазор и повысить эффективность работы уплотнения.

Ключевые слова: быстроходные турбомашины, гидродинамические процессы, щелевые уплотнения, сферические выемки, расход, рабочая среда, эффективность уплотнения.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE HYDRAULIC RESISTANCE OF THE TURBOMACHINES' GROOVE SEALS WITH SPHERICAL RECESSES

**A.V. Il'inkov, V.V. Takmvtsev, A.V. Shchukin,
I.I. Khabibullin, A.M. Erzikov**

The results of the experimental research of hydrodynamic processes in the groove seals of high-speed turbomachines using fluid or gas as a working medium are presented. It is established that the application of the spherical recesses on the rotating element of the groove seal makes it possible to reduce leakages through the radial groove gap and to increase the seal efficiency.

Keywords: high-speed turbomachines, hydrodynamic processes, groove seals, spherical recesses, flow rate, working medium, seal efficiency.

КОМБИНИРОВАННАЯ ГАЗОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА С ВНЕШНИМ РЕГЕНЕРАТИВНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БЛОКОМ

А.С. Лиманский, А.А. Тажиев, А.А. Таштаналиев, С.С. Сейиджафари

Рассматривается комбинированная ГТУ, состоящая из основного, выпускаемого промышленностью приводного двигателя и выносного энергетического блока, состоящего, в свою очередь, из отдельного, не связанного валом с силовой турбиной комбинированного компрессора, приводимого во вращение регенерационного теплообменного аппарата, отдельной камеры сгорания и основной силовой газовой турбины. В указанном блоке осуществляется регенеративный цикл, за счет чего и получен энергетический эффект в виде КПД комбинированного ГТУ, равного 40,7 %, и повышенной мощности по сравнению с исходным ГТД (16 МВт) в два раза, равной 33,2 МВт.

Ключевые слова: газотурбинная комбинированная ГТУ, комбинированный компрессор, регенеративный теплообменный аппарат, камера сгорания, силовая газовая турбина, редуктор.

COMBINE GAS TURBINE PLANT WITH AN EXTERNAL REGENERATIVE POWER UNIT

A.S. Limanskii, A.A. Tazhiev, A.A. Tashtanaliev, S.S. Seyidzhafari

The article deals with the combined gas turbine, consisting of the main, manufactured by the industry of the drive motor and the external power unit, which in turn consists of a separate, unbound shaft with the power turbine, a combined compressor driven by the regeneration heat exchanger, a separate combustion chamber and the main power gas turbine. In this unit, the regenerative cycle is carried out, due to which the energy effect is obtained in the form of an efficiency of the combined GTU equal to 40,7 % and increased power compared to the original GTE (16 MW) "2 times" and equal 33,2 MW.

Keywords: gas turbine combined gas turbine, combined compressor, regenerative heat exchanger, combustion chamber, power gas turbine, reducer.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 681.785.55

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СВОБОДНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОГНУТЫХ ПРОПУСКАЮЩИХ ГОЛОГРАММНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК

Э.Р. Муслимов

В настоящей статье рассматриваются варианты использования поверхностей свободной формы для построения оптических схем спектрографов. Исследовано два варианта их применения: в первом случае пропускающая голограммная дифракционная решетка наносится непосредственно на вогнутую поверхность свободной формы, во втором – используется в схеме записи решетки. Примеры расчета оптических схем спектрографов для диапазона 400...800 нм показывают значительное увеличение коррекционных возможностей в обоих случаях и, как следствие, повышение спектрального разрешения до 2,7 раз.

Ключевые слова: голограммные дифракционные решетки, поверхности свободной формы, aberrации, спектральное разрешение.

APPLICATION OF FREEFORM SURFACES FOR CREATION OF CONCAVE TRANSMISSION HOLOGRAPHIC GRATINGS

E.R. Muslimov

In the present paper options of use of freeform surfaces for building of spectrographs optical schemes are considered. Two options are investigated – in the first case a transmission holographic grating is directly imposed on a concave freeform surface, in the second one it is used in the grating recording scheme. The design examples of spectrographs optical schemes for the 400-800 nm range demonstrate a substantial increase of the aberration correction capabilities in the both cases and a sequential improvement of the spectral resolution by a factor of 2.7.

Keywords: holographic gratings, freeform surfaces, aberrations, spectral resolution.

ПРЕДЕЛЫ КОРРЕКЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОГНУТЫХ ПРОПУСКАЮЩИХ ГОЛОГРАММНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК

Э.Р. Муслимов, Н.К. Павлычева

В настоящей статье исследуются абберационные свойства вогнутой пропускающей голограммной дифракционной решетки в схеме спектрографа с плоским полем. Основные абберации рассчитаны с помощью аналитических соотношений, полученных на основе ее характеристической функции. Определены их зависимости от диаметра зрачка и длины изображения спектра, характер зависимостей подтверждается результатами трассировки лучей. Построенные зависимости соответствуют решетке с радиусом кривизны 100 мм, работающей в области 400...800 нм при эквивалентном относительном отверстии от 1:6,7 до 1:2,2 и обратной линейной дисперсии от 26,7 до 17,4 нм/мм и могут быть использованы для определения пределов коррекционных возможностей решеток в различных схемах с учетом линейного масштабирования. В заключение исследования предложен ряд стратегии коррекции остаточных аббераций.

Ключевые слова: вогнутая пропускающая голограммная дифракционная решетка, спектрограф, анализ аббераций, трассировка лучей.

LIMITS OF THE CORRECTION CAPABILITIES OF CONCAVE TRANSMISSION HOLOGRAPHIC GRATINGS

E.R. Muslimov, N.K. Pavlycheva

In the present paper the aberration properties of a concave transmission holographic grating in a flat-field spectrograph scheme are studied. The main aberrations are computed with analytical expression derived from its characteristic function. Their dependencies on the aperture and the spectral image length are defined and their pattern is confirmed by ray-tracing. The found dependencies correspond to a grating with the radius of curvature of 100 mm working in the range 400-800 nm with the equivalent relative aperture of 1:6.7 to 1:2.2 and the reciprocal linear dispersion of 26.7 to 17.4 nm/mm and may be applied for definition of the aberration correction limits in different schemes with account for a linear scaling. In the conclusion of the research a number of strategies of the residual aberrations correction are proposed.

Keywords: concave transmission holographic grating, spectrograph, aberrations analysis, ray-tracing.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА И РАСПОЛОЖЕНИЯ СЕНСОРОВ ДЛЯ k -ОБЗОРА ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Хорьков, Ш.И. Галиев

Представлены численные методы оптимизации числа и расположения сенсоров для k -обзора заданной области на плоскости. Записаны математические модели, установлены необходимые и достаточные условия разрешимости полученных систем. Предложены методы оптимизации сенсорных сетей при наличии ограничений на минимально возможное расстояние между сенсорами либо без них. Разработано программное обеспечение, реализующее представленный метод. Выявлены случаи k -обзора области, являющейся равносторонним треугольником.

Ключевые слова: оптимизация числа сенсоров для k -обзора, k -покрытие заданной области, покрытие кругами, покрытие равностороннего треугольника.

OPTIMIZATION OF NUMBER AND LOCATION OF SENSORS FOR k -COVERING OF A GIVEN AREA

A.V. Khor'kov, Sh.I. Galiev

We propose methods for optimizing the number and location of sensors for k -covering a given area on a plane. Mathematical models, sufficient conditions for their solvability, algorithms for finding the approximate number of sensors and their location are obtained. Methods are proposed for optimizing sensor networks, when restrictions on the minimum possible distance between sensors or without such restrictions can be specified. Developed software that implements algorithms for solving these problems. The cases of k -covering of an area which is an equilateral triangle are revealed.

Keywords: k -cover by sensors, multiply cover, cover with circles, covering the equilateral triangle.

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

УДК 615.471

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА С ЦЕЛЮ ОБНАРУЖЕНИЯ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ АРИТМИЙ

Т.Ф. Щербакова, С.С. Седов, С.Н. Горохов, Р.И. Якупов, А.С. Щербаков

В работе представлен спектральный метод анализа электрокардиосигнала (ЭКС) с целью обнаружения бигеминии и тригеминии – видов желудочковых аритмий сердца. Исследовано 100 реализаций ЭКС, взятых из базы данных ресурса PhysioNet – 60 реализаций с подтвержденной бигеминией и 40 реализаций с подтвержденной тригеминией. С помощью быстрого преобразования Фурье получены амплитудные спектры этих сигналов. Предложен коэффициент K , представляющий собой отношение суммарных амплитуд высокочастотной части амплитудного спектра ЭКС к его низкочастотной части и вычисляемый для каждой реализации ЭКС. Определены оптимальные граничные значения частот, при которых коэффициенты K наиболее значимо различаются для случаев синусового ритма/бигеминии а также синусового ритма/тригеминии. На основе построения плотностей распределения вероятностей коэффициентов K при этих граничных частотах определены пороговые значения коэффициента K для принятия решения о наличии либо отсутствии двух исследуемых видов аритмий сердца. Вычислены вероятности принятия ошибочных решений для определенных нами пороговых значений коэффициента K . Планируется разработка модификаций предложенного спектрального метода с целью определения других видов аритмий сердца.

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

SPECTRAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOSIGNAL FOR THE DETECTION OF VENTRICULAR ARRHYTHMIAS

T.P. Shcherbakova, S.S. Sedov, S.N. Gorohov, R.I. Yakupov, A.S. Shcherbakov

The paper presents a spectral method for the analysis of electrocardiogram in order to detect bigemina and trigemina — types of ventricular arrhythmias of the heart. A hundred implementations of ECS from the PhysioNet resource database were researched. It was 60 implementations with a confirmed bigemina and 40 implementations with a confirmed trigemina. Using the fast Fourier transform, the amplitude spectra of these signals were obtained. A proposed coefficient K represents the ratio of the total amplitudes of the high-frequency part of the ECS-spectrum to its low-frequency part and is calculated for each implementation of the ECS. The optimal frequency boundary values were determined at which the K coefficients differ most significantly for cases of sinus rhythm/bigemina as well as for sinus rhythm/trihemina. The threshold values of the coefficient K are determined to make a decision on the presence or absence of two studied types of cardiac arrhythmias. These values are based on the construction of the probability distribution densities of the coefficients K at these boundary frequencies. We calculated the probabilities of making erroneous decisions for the threshold values of the coefficient K determined by us. It is planned to develop modifications of the proposed spectral method in order to determine other types of cardiac arrhythmias.

Keywords: electrocardiosignals, fast Fourier transform, amplitude spectrum, ventricular arrhythmia, probability distribution density.

УДК 621.376.6

К ВОПРОСУ О ЦИКЛОСТАЦИОНАРНОСТИ АФМН-*N*-СИГНАЛОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ НА ВЫХОДЕ КАНАЛА СВЯЗИ С МЕЖСИМВОЛЬНЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ

И.М. Лернер, Г.И. Ильин, А.Г. Ильин

На основании проведенного в работе исследования получены выражение, позволяющие определить зависимость эффективной памяти канала связи, обладающего частотно селективными свойствами, от длительности символа многопозиционного амплитудно-фазоманипулированного сигнала и как частного случая его реализации – многопозиционного фазоманипулированного сигнала. Представлен алгоритм определения условий, при которых многопозиционный амплитудно-фазоманипулированный сигнал на выходе канала связи становится циклоstationарным процессом. Результатами его применения стали оценки разрешающего времени и значений эффективной памяти для различных типов амплитудно-частотных характеристик рассматриваемого канала. Выявлены новые свойства.

Ключевые слова: АФМн-*N*-сигналы, ФМн-*n*-сигналы, МСИ, канал с памятью, циклоstationарные процессы.

ON THE CYCLOSTATIONARITY OF APSK-*N*SIGNALS OBSERVED ON THE OUTPUT OF COMMUNICATION CHANNEL WITH INTER-SYMBOL INTERFERENCE

I.M. Lerner, G.I. Il'in, A.G. Il'in

An algorithm for determining the conditions under which the multi-position amplitude-phase-manipulated signal at the output of the communication channel becomes a cyclo-stationary process is presented. The results of its use were used to estimate the resolution times and effective memory for various types of amplitude-frequency responses of the channel presented in this paper. New properties were revealed for channels with ISI.

Keywords: APSK-*N*-signals, PSK-*n*-signals, ISI, channel with memory, cyclo-stationary process.

ПРЕЛОМЛЕНИЕ И ОТРАЖЕНИЕ РАДИОВОЛН НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ПЛАЗМЕ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА

Е.Н. Злыднев, В.И. Тамбовцев, И.А. Шевяков

Рассматриваются основные свойства ионизированного газа для оболочки, образующейся вокруг тел, движущихся в мезосфере с гиперзвуковой скоростью. Рассматриваются эффекты влияния плазмы ударного слоя на процессы отражения и поглощения электромагнитных волн в различных частотных диапазонах. Анализируются особенности прохождения радиоволн через исследуемую среду.

Ключевые слова: плазменная оболочка, ударный слой, фотоионизация, электронная концентрация.

REFRACTION AND REFLECTION OF RADIO WAVES ON THE FRONT OF A SHOCK WAVE IN THE PLASMA OF A ROLLING EQUIPMENT

E.N. Zlydney, V.I. Tambovtsev, I.A. Shevyakov

The paper considers to the basic properties of the plasma shells formed around the bodies, moving in the atmosphere with hypersonic speed. Features of radio propagation through investigated medium is based on the analysis of the dispersion equation. Dependence of phase constant and attenuation of the wave number are presented.

Keywords: plasma shell, shock layer, photoionization, electron concentration.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.5.01:658.5

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРА ПО УГЛУ ТАНГАЖА ПРИ МОМЕНТЕ СУХОГО ТРЕНИЯ

А.С. Мещанов, Л.А. Гатауллина

В рамках решения общей задачи стабилизации оптического прибора по двум углам, по тангажу и рысканию, с малыми энергетическими затратами и регулируемым колебаниями управления получен метод стабилизации оси оптического прибора по углу тангажа в скольжении по прямой, инвариантном к неопределенным возмущениям, вызванным моментом сухого трения. Для этого в обычном (первого порядка) скользящем режиме, не инвариантном к возмущениям, создается новый скольльзящий режим, второго порядка, с размерностью, меньшей на единицу, в результате формирования подвижной и не проходящей через начало координат первоначальной плоскости скольжения в результате введения в ее выражение дополнительного управления, приводящего систему в скольльзящий режим второго порядка, по прямой, инвариантной к возмущениям.

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

EXPONENTIAL STABILIZATION OF THE OPTICAL DEVICE IN PITCH ANGLE AT THE MOMENT OF DRY FRICTION

A.S. Meshchanov, L.A. Gataullina

In the framework of solving the general problem of stabilizing an optical device in two angles, in pitch and yaw, with low energy costs and adjustable control oscillations, a method was obtained for stabilizing the axis of an optical device in pitch angle in sliding in a straight line invariant to uncertain perturbations caused by a moment of dry friction. For this, in the usual (first order) sliding mode not invariant to perturbations, a new sliding mode is created, second order, with dimension less than one as result of the formation of the initial sliding plane that does not pass through the origin of coordinates as a result of introducing into its expression an additional control that leads the system into second order sliding mode, in a straight line invariant to disturbances.

Keywords: stabilization, nonlinearity, cross links, uncertain moment of dry friction, moving slip planes, straight slip, control, transient, quality.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

О.С. Смирнова, Л.М. Шарнин

Целью работы является распознавание новообразований с использованием методов распознавания изображений и нейронной сети. Применение обученной сети на тестовых примерах показало, что вероятность правильного подбора входных данных и успешного классифицирования дает высокий положительный результат.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография (МРТ), методы распознавания изображений, нейронная сеть.

METHODS AND ALGORITHMS FOR IMAGE RECOGNITION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING BASED ON THE NEURAL NETWORK

O.S. Smirnova, L.M. Sharnin

The purpose of the work is to recognize tumors using image recognition methods, using a neural network. The application of a trained network on test examples showed that the probability of correct selection of input parameters and successful classification gives a high positive result.

Keywords: magnetic resonance imaging (MRI), image recognition methods, neural network.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСЕРВАТИВНОЙ СУБД ПОВЫШЕННЫХ ОБЪЕМОВ

Р.К. Классен

Рассматриваются вопросы обработки SQL-запросов с высоким удельным весом операций join к базам данных консервативного типа (с эпизодическим обновлением данных в специально выделяемое время) повышенных объемов на платформе GPU-кластера. Модифицируется архитектура ранее разработанной параллельной СУБД Clusterix-N (N – от New). Предлагаются методы и алгоритмы организации динамической сегментации промежуточных/временных отношений на выделенном узле с GPU-ускорителями и полной загрузки процессорных ядер узлов уровней JOIN и IO. Проводится сравнение производительности этой СУБД с оригинальной СУБД PerformSys на ограниченном тесте TPC-H (без операций записи) с $V_{\text{БД}} = 60$ Гб и $V_{\text{БД}} = 120$ Гб.

Ключевые слова: базы данных консервативного типа, повышенные объемы данных, модификация архитектуры параллельной СУБД, динамическая сегментация промежуточных/временных отношений, применение графических ускорителей, полная загрузка процессорных ядер, сравнительные оценки производительности.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSERVATIVE DBMS HIGHER VOLUMES

R.K. Klassen

In article, we are considering the problems of processing SQL queries with a high specific weight of join operations to conservative type databases (with occasional updating of data in specially allocated time) with increased data volumes on the GPU-cluster platform. Modified architecture of the previously developed parallel DBMS Clusterix-N (N - from New). We are proposed the methods and the algorithms for organizing dynamic segmentation of intermediate / temp relationships on a dedicated node with GPU accelerators and full load of processor cores of nodes on JOIN and IO levels. The performance of this DBMS is compared with the original DBMS PerformSys on a limited TPC-H test (without write operations) with $V_{\text{DB}} = 60$ GB and $V_{\text{DB}} = 120$ GB.

Keywords: conservative type databases, increased volumes of data, modification of parallel DBMS architecture, dynamic segmentation of intermediate / temp relations, application of graphic accelerators, full load of processor cores, comparative performance estimates.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВИДИМОГО ОРИЕНТИРА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МИКРОБЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А.А. Гоголев, М.А. Горобинский, А.С. Лялин, А.О. Лавров

Микробеспилотные летательные аппараты (микроБЛА) типа мультикоптер, благодаря своей сравнительной компактности и маневренности, способны осуществлять целевую задачу в условиях, когда другие средства сбора информации для этого непригодны. Современные комплексы микроБЛА используют в качестве основного канала навигационной информации приемник спутниковых навигационных систем (СНС) ГЛОНАСС/GPS, сигналы которого могут искажаться в районе выполнения целевой задачи. При отсутствии спутниковых сигналов в качестве одного из канала коррекции БИНС для определения местоположения предлагается использовать видимые ориентиры (кодовые метки). Определение положения ориентира производится с помощью бортового вычислителя в режиме реального времени. Использование представленного в статье метода позволяет достичь точности определения относительного положения микроБЛА около 10 см.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, навигационная система, квадрокоптер, мультикоптер, система технического зрения, визуальная навигация, кодовые метки.

LOCALIZATION OF THE OPTICAL REFERENCE POINT BASED ON OPTICAL SYSTEM OF MICRO UNMANNED AERIAL VEHICLE

A.A. Gogolev, M.A. Gorobinskii, A.S. Lyalin, A.O. Lavrov

Unmanned aerial vehicles (UAV) of multicopter type, due to his compactness and possibility of maneuvering in restrict space are able to decide any tasks where other reconnaissance resources don't. Modern UAV's using signals GLONASS/GPS in manual or semi-automatic work mode. GLONASS/GPS signals cannot work correctly in some required territories. In accordance with the idea of development UAV should do the aerial reconnaissance autonomously. This mean that UAV has an autonomous navigation system that should work without GLONASS/GPS signals. Visual navigation system with reference points can help with it. Visual navigation system uses special marks that are located in the fly area. This article showsthe task of counting 3D position of code mark relatively to microUAV. Type of mark, screen orientation and 3D position calculates in real time. Error of visual navigation nearly 10 cm.

Keywords: navigation system, unmanned aerial vehicle, quadcopter, multicopter, computer vision, visual navigation system, code marks.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю.Н. Смирнов

Представлены материалы по цифровой трансформации деятельности промышленных предприятий и созданию цифрового предприятия (цифрового двойника предприятия). Приведены схемы проектирования и создания цифровых предприятий.

Ключевые слова: цифровые технологии, цифровые платформы предприятий, имитационная информационно-математическая модель, информационная система управления, проектирование, цифровое предприятие, поток создания стоимости, бизнес-процессы.

PRINCIPLES OF DESIGN AND DEVELOPMENT DIGITAL PLATFORMS BUSINESSES

Yu.N. Smirnov

Materials on digital transformation of activity of the industrial enterprises and creation of the digital enterprise (digital double of the enterprise) are presented. Schemes of design and creation of digital enterprises are given.

Keywords: digital technologies, digital platform companies, simulation of information-mathematical model, information system management, design, digital enterprise, value stream, business processes.

СИНТЕЗ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМ С НЕОПРЕДЕЛЕННЫМИ ОГРАНИЧЕННЫМИ ПО L_2 -НОРМЕ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

А.И. Маликов

Предлагаются способы синтеза децентрализованных наблюдателей состояния, обеспечивающих ограниченность на конечном интервале ошибки оценивания относительно заданных множеств начальных состояний и допустимых траекторий, а также H_∞ -свойство подавления в каждый момент времени одновременно начальных отклонений и неопределенных, ограниченных по L_2 -норме, внешних возмущений для неавтономных непрерывных липшицевых систем. При этом коэффициенты усиления наблюдателей зависят от времени и определяются на основе численного решения задач оптимизации с дифференциальными линейными матричными неравенствами.

Ключевые слова: многосвязные нелинейные системы, условие Липшица, внешние возмущения, децентрализованные наблюдатели, дифференциальные линейные матричные неравенства, ограниченность, H_∞ -свойство на конечном интервале.

THE DECENTRALIZING OBSERVERS DESIGN FOR NONLINEAR INTERCONNECTED SYSTEMS WITH UNCERTAIN BOUNDED BY L_2 -NORM DISTURBANCES

A.I. Malikov

Ways of the decentralized state observers design, providing boundedness of estimation error on a finite time interval with respect to given sets of initial states and admissible trajectories, or H_∞ -property suppression of initial deviations and disturbances at the account uncertain, bounded by L_2 -norm of external disturbances for time-varying continuous lipshitz systems are offered. The observers gain matrix depends on time and are defined on the basis of the numerical solving of optimization problems with differential linear matrix inequalities.

Keywords: continuous nonlinear systems, Lipschitz condition, external disturbances, decentralized state observers design, differential linear matrix inequalities, finite time boundedness, H_∞ -property.