

**Содержание научно-практического журнала  
«Интеллектуальные системы в производстве» № 4 за 2016 год**

**МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА**

УДК 004.932.2

*И. О. Архипов*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*I. O. Arkhipov*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

*М. О. Еланцев*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. O. Elantsev*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

**Методика определения координат летательного аппарата по зрительным образам  
(Method for Determining Aerial Vehicle Coordinates by Visual Analysis)**

*В статье предложена методика определения координат летательного аппарата, основанная на сопоставлении последовательных кадров, полученных с камеры на борту летательного средства, если известна начальная координата и съемка ведется со скоростью не менее 25 кадров в секунду. Данная методика является резервным средством навигации при потере сигнала GPS или ГЛОНАСС. В статье рассмотрен вопрос определения параметров аффинного преобразования кадров, основанный на отслеживании ключевых объектов на серии снимков. В качестве результата демонстрируется решение задачи склейки кадров камеры вдоль траектории полета летательного средства.*

*The article proposes a method for determining aerial vehicle coordinates based on matching of consecutive frames taken from the camera on aerial vehicle when initial coordinates are known and the camera is working with the speed of at least 25 frames per second. This method is a part of a reserve navigation system for the situation when GPS or GLONASS signals are lost. The algorithm for determining the affine transform parameters of frames based on key objects tracking is given in the article. The result demonstrates solution for stitching of frames along the path of the aerial vehicle.*

**Ключевые слова:** навигация, летательный аппарат, БПЛА, машинное зрение.

**Keywords:** navigation, aerial vehicle, UAV, computer vision.

С. 4–7

УДК 517.547(045)

*И. В. Дзогий*, старший преподаватель, Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского (*I. V. Dzogij*, Senior Teacher, Bryansk State University n.a. Academician I. G. Petrovski)

**Оценки модуля аналитической в полуплоскости функции (Estimation of Module for the Function Which Is Analytic at Half-Plane)**

*Рассмотрены оценки модуля аналитической в правой полуплоскости функции при условии, что есть некоторая оценка убывания модуля функции на мнимой оси или части мнимой оси. Получено расширение класса функций, для которых справедливо утверждение теоремы Ю. И. Маслякова до класса И. И. Привалова.*

*The paper considers the estimation of module for the function which is analytic at the right half-plane provided that there is some estimation for the decrease in the function module at an imaginary axis or at its part. The extension of the function class to the class of Privalov I. I. has been obtained, the statement of the theorem by Maslyakov Y. I. being valid for this extension.*

**Ключевые слова:** модуль аналитической функции, правая полуплоскость, верхняя полуплоскость, единичный круг, класс функций И. И. Привалова.

**Keywords:** module of the analytic function, right half-plane, upper half-plane, unit circle, function class by Privalov I. I.

С. 8–12

УДК 531.55

*С. А. Королев*, кандидат физико-математических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (S. A. Korolev, PhD (Physics and Mathematics), Kalashnikov ISTU)

*И. Г. Русяк*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (I. G. Rusyak, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*В. Г. Суфиянов*, кандидат физико-математических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. G. Sufyanov, PhD (Physics and Mathematics), Kalashnikov ISTU)

**Методика расчета траектории движения снарядов и ракет при стрельбе с подвижного носителя (Method for Calculating the Trajectory of Projectiles and Rockets Shooting from Moving Carrier)**

*Статья посвящена исследованию факторов, влияющих на точность стрельбы с подвижного носителя (вертолета): влияние параметров движения подвижного носителя на начальные условия стрельбы, влияние воздушного потока, создаваемого несущим винтом вертолета, на начальном участке траектории. Представлена методика решения траекторной задачи с учетом приведенных факторов. Приведены результаты исследования влияния рассматриваемых факторов на траекторию движения снарядов и ракет.*

*The article is devoted to the research of factors affecting the accuracy of shooting from the moving carrier (helicopter): the influence of motion parameters of a movable carrier for the initial conditions of shooting, the effect of air flow created by the main rotor of the helicopter, in the initial part of the trajectory. The method for solving the trajectory problem of accounting the above-mentioned factors is presented. The results of influence of the considered factors on the trajectory of projectiles and rockets are given.*

**Ключевые слова:** внешняя баллистика, траектория, аэродинамические коэффициенты, подвижный носитель, начальные условия стрельбы, несущий винт вертолета, индуктивная скорость.

**Keywords:** External ballistics, trajectory, aerodynamic coefficients, moving carrier, initial conditions of shooting, helicopter rotor, induced velocity.

С. 13–18

УДК 681.785; 615.47

*А. С. Перминов*, старший преподаватель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. S. Perminov, Senior lecturer, Kalashnikov ISTU)

*С. И. Юран*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (S. I. Yuran, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

**Применение метода монте-карло для моделирования рассеяния света в биологической ткани (The Application of Monte Carlo Method for Simulation of Light Scattering in Biological Tissue)**

*Представлены результаты математического моделирования распространения лазерного излучения в биологической ткани с учетом многослойности данной среды и конечного размера падающего пучка с помощью метода Монте-Карло. Полученные результаты могут найти применение при конструировании планарных оптоэлектронных датчиков для фотоплетизмографии, предназначенных для использования на различных участках биологической ткани.*

*The paper presents the results of mathematical modeling of propagation of laser radiation in the biological tissue with account of multiple layers of this environment and of the finite size of the incident beam using the method of Monte Carlo. The obtained results can find application in the design of the planar optoelectronic sensors for photoplethysmography intended for use on different parts of the biological tissue.*

**Ключевые слова:** неоднородная оптическая среда, оптоэлектронный датчик, фотоплетизмография.

**Keywords:** inhomogeneous optical medium, optoelectronic sensor, photoplethysmography.

С. 19–24

УДК 621.391

*В. А. Пономарев*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. A. Ponomarev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*О. В. Пономарева*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (O. V. Ponomareva, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*Н. В. Пономарева*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (N. V. Ponomareva, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

### **Инверсия дискретного времени и параметрическое дискретное преобразование Фурье (Discrete Time Inversion and Parametric Discrete Fourier Inversion)**

*Рассмотрено применение фундаментального понятия инверсии дискретного времени в векторном анализе сигналов, заданных на конечных интервалах. Исследована взаимосвязь параметрического дискретного преобразования Фурье действительной последовательности с параметрическим дискретным преобразованием Фурье соответствующих ей последовательностей с циклической инверсией дискретного времени и с линейной инверсией дискретного времени. Полученные результаты могут быть использованы при рассмотрении как теоретических, так и практических вопросов цифровой обработки сигналов, например при устранении нелинейности фазочастотных характеристик фильтров с импульсной характеристикой бесконечной длины.*

*The paper describes the application of the fundamental concepts of discrete time inversion in vector analysis of signals defined on finite intervals. The interrelation of parametric discrete Fourier transform of a real sequence and the parametric discrete Fourier transform of the corresponding sequence with a cyclic inversion of discrete time and sequence with linear inversion of discrete time is investigated. The results can be used in consideration of both theoretical and practical problems of digital signal processing, e.g. eliminating non-linearity of the phase-frequency characteristics of the filter with the impulse characteristic having infinite length.*

**Ключевые слова:** дискретный сигнал, конечный интервал, инверсии дискретного времени, параметрические дискретные экспоненциальные функции, параметрическое дискретное преобразование Фурье, периодизация сигналов.

**Keywords:** discrete signal, finite interval, discrete time inversion, parametric discrete exponential functions, parametric discrete Fourier transform, periodization of signals.

С. 25–31

УДК 621.372.542

*Н. В. Пономарева*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (N. V. Ponomareva, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

### **Предобработка дискретных сигналов при спектральном анализе в системе компьютерной математики – MATLAB (Pre-processing Discrete Signals in Carrying out Spectral Analysis in Matlab)**

*Рассмотрены операции предобработки дискретных сигналов в системе компьютерной математики – MATLAB для реализации алгоритма быстрого преобразования Фурье. Выявлены достоинства и недостатки этих процедур. Дан их анализ с точки зрения вычислительных затрат, затрат оперативной памяти и разрешающей способности спектрального анализа.*

*Operations of pre-processing digital signals in MATLAB to implement the fast Fourier transform algorithm are considered. Advantages and disadvantages of these procedures are revealed. Their analysis in terms of computational cost, memory cost and resolution spectral analysis is performed.*

**Ключевые слова:** дискретный временной сигнал, дискретно-временное преобразование Фурье, непрерывный частотный спектр, коэффициенты Фурье, дополнение нулями, дискретное преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье.

**Keywords:** discrete time signal, discrete-time Fourier transform, continuous frequency spectrum, Fourier coefficients, zero padding, discrete Fourier transform, fast Fourier transform.

С. 32–34

УДК 621.01/03

*К. В. Сызранцева*, кандидат технических наук, доцент, Тюменский индустриальный университет (*K. V. Syzrantseva*, PhD in Engineering, Associate Professor, Industrial University of Tyumen)

**Расчет эквивалентных по повреждающему воздействию напряжений на основе кинетической теории многоциклового усталости (Calculation of Equivalent Stress in Accordance with Damaging Effect on the Basis of the Kinetic Theory of High-Cycle Fatigue)**

*На основе математических моделей кинетической теории многоциклового усталости решена задача расчета эквивалентных по повреждающему воздействию напряжений. Разработанная методика обработки данных испытаний образцов на долговечность позволяет определить исходную поврежденность материала, рассчитать для всех ступеней блока изменения напряжений накопленное усталостное повреждение и определить эквивалентное напряжение. Методика проиллюстрирована на примере обработки данных испытаний образцов из стали 50 на многоциклового усталости.*

*The paper considers the problem solution of equivalent stress calculation in accordance with damaging effect on the basis of mathematical models of the kinetic theory of high-cycle fatigue. The developed method of data processing of samples durability tests allows for defining the initial damage of material, calculating the accumulated fatigue damage for all steps of the stress varying block and determining the equivalent stress. The proposed method is illustrated on the example of data processing of tests of samples made of steel-50 according to the high-cycle fatigue.*

**Ключевые слова:** многоциклового усталости, эквивалентные напряжения, усталостные повреждения, ресурс.

**Keywords:** high-cycle fatigue, equivalent stress, fatigue damage, service life.

С. 35–39

УДК 517.977

*Г. А. Благодатский*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*G. A. Blagodatsky*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*В. А. Тенев*, доктор физико-математических наук, профессор ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. A. Tenenev*, DSc (Physics and Mathematics), Kalashnikov ISTU)

*А. С. Шаура*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (*A. S. Shaura*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*Д. С. Шаура*, ООО «ИРЗ» (*D. S. Shaura*, Programming engineer, Izhevsky Radiozavod Ltd.)

**Численная реализация алгоритма управления запасами при длительных сроках поставки комплектующих в условиях «узких» мест производственного цикла (Numerical Implementation of the Algorithm of Inventory Management for Long Term Supply of Components at Presence of “Bottlenecks” of Production Cycle)**

*В работе представлена модель управления запасами и организации рационального плана работ по выпуску продукции при планировании производства. Предложен подход к решению поставленной задачи на основе гибридного генетического алгоритма с решением задачи линейного программирования при определении целевой функции.*

*The paper presents a model of inventory management and managing production schedule in the planning production task. The method of attack based on hybrid genetic algorithm with a linear programming task solution at determining a target function is proposed.*

**Ключевые слова:** оптимальное планирование, оптимизация загрузки производственной линии, задача линейного программирования, симплекс-метод, генетический алгоритм.

**Keywords:** optimal planning, optimization of the production line, linear programming problem, simplex method, genetic algorithm.

С. 40–44

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 539.62(045)+621.88(045)

*И. В. Абрамов*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*I. V. Abramov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*Ю. В. Турыгин*, доктор технических наук, профессор ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*Yu. V. Turugin*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*П. В. Лекомцев*, старший преподаватель; ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*P. V. Lekomtsev*, Senior Lecturer, Kalashnikov ISTU)

*А. В. Романов*, ассистент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. V. Romanov*, Assistant, Kalashnikov ISTU)

**Коэффициенты трения в конических соединениях с натягом с деталями из твердых хрупких материалов (Friction Coefficients in Tapered Interference Fits of Parts Made of Hard Brittle Materials)**

*В статье представлены результаты сравнения коэффициентов трения для такого сочетания материалов, как корундовая керамика и кварцевое стекло, определяемых на машине трения и, косвенно, путем измерения силы запрессовки и выпрессовки конического соединения.*

*The paper presents the comparison of results of determining the coefficient of friction for such a combination of materials as alumina ceramics and quartz glass determined at the friction machine and, indirectly, by measuring the press-in and press-out forces of the tapered interference fit.*

**Ключевые слова:** коэффициент трения, коническое соединение с натягом, нагрузочная способность, корундовая керамика, кварцевое стекло.

**Keywords:** coefficient of friction, tapered interference fit, load-carrying capacity, alumina ceramics, quartz glass.

С. 45–47

УДК 681.944

*В. А. Алексеев*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*V. A. Alekseev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*А. В. Усольцева*, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. V. Usoltseva*, Applicant, Kalashnikov ISTU)

*В. П. Усольцев*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. P. Usoltsev*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

**Исследование качества поверхности промышленных изделий из древесины при гравировании лазером (Investigation of Surface Quality of Industrial Products Made of Wood at Laser Engraving)**

*Проведены исследования по экспериментальному выбору режимов работы лазерного оборудования для повышения качества поверхности промышленных изделий из древесины при гравировании лазером.*

*Investigations are carried out for experimental choice of operation modes for laser equipment in order to increase the surface quality of industrial products made of wood at laser engraving.*

**Ключевые слова:** поверхность, фактура, древесина, гравирование, лазерное оборудование.

**Keywords:** surface, texture, engraving, laser equipment.

С. 48–53

УДК 621.865:8

Э. В. Алиев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (E. V. Aliev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

А. Х. Алиева, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. H. Alieva, Applicant, Kalashnikov ISTU)

Л. Р. Алиева, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (L. R. Alieva, Applicant, Kalashnikov ISTU)

А. Н. Домбрачев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. N. Dombrachev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

В. С. Клековкин, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. S. Klekovkin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

М. А. Разживина, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (M. A. Razzhivina, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

### **Механика комбинированного типа сфероробота (Mechanics of Combined-Type Spherical Robot)**

*Описываются варианты роботов сферического типа с различными конструкциями механической части, и на их основе предлагается новая компоновочная схема, свободная от ряда ограничений, присущих перечисленным устройствам. Показаны ситуации, в которых новое устройство будет предпочтительнее описанных. Представлены и другие компоновочные схемы, использующие предлагаемый принцип комбинирования их основных движущих частей. Робот предложенной конструкции сможет работать в трех независимых режимах движения, причем как по отдельности, так и в сочетании.*

*The paper describes the versions of spherical-type robots with various designs of the mechanical part and a new layout scheme is proposed on their basis which is free from many limitations inherent in the listed devices. Situations are shown in which the new device will be preferable than the described ones. Other layout schemes are also presented which implement the proposed principle of combining their main moving parts. The robot of the proposed design can operate in three independent modes of motion, both separately and in combination.*

**Ключевые слова:** робот, omnimobильность, привод, гироскоп, сфера.

**Keywords:** robot, omnimobility, drive, gyroscope, sphere.

С. 54–58

УДК 620.193.21

В. П. Грахов, доктор экономических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. P. Grakhov, Doctor of Economics, Professor, Kalashnikov ISTU)

А. И. Захаров, ООО «КомАР» (A. I. Zakharov, Kalashnikov ISTU)

З. С. Саидова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (Z. S. Saidova, Student, Kalashnikov ISTU)

### **Исследование влияния климатических факторов на свойства композитных материалов (Analysis of Environmental Conditions Impact on Composite Materials Characteristics)**

*В данной статье рассматривается климатическое старение композиционных полимерных материалов. На примере стеклопластиковой арматуры производства ООО «КомАР» исследуются изменения, протекающие в структуре композитов под воздействием естественных климатических условий. Проведены натурные испытания образцов в климатической зоне № 2. Определено изменение массы, плотности и водопоглощения образцов, массовой доли стекловолокна.*

*This article pertains to the climate ageing of composite polymer materials. Using the example of fiberglass reinforcement produced at KomAR Ltd. The changes running in the structure of composites under natural climatic exposure were examined. Environmental tests of specimens in the climate zone №2 were carried out. The change in mass, density and water absorption, as well as fiberglass mass fraction, were determined.*

**Ключевые слова:** композитные материалы, арматура стеклопластиковая композитная, коррозионное разрушение, старение, УФ-излучение.

**Keywords:** composite materials, fiberglass composite rebar, corrosion failure, ageing, ultraviolet radiation.

С. 59–61

УДК 621.396.6

*О. В. Култышева*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*O. V. Kultysheva*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*А. И. Коришунов*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (*A. I. Korshunov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

**Разработка методики анализа конструкторской документации радиоэлектронного изделия на этапе подготовки производства (Development of Technique for Analysis of Design Documentation of a Radio-Electronic Item at the Stage of Production Preparation)**

*В статье рассматривается проблема повышения эффективности процессов организационно-экономической и конструкторско-технологической подготовки производства. Актуальность проблемы определяется необходимостью оперативного и обоснованного принятия решений о возможности и целесообразности постановки в производство конкретного изделия или приема стороннего заказа. В качестве объекта исследования выбрана процедура адаптации комплекта конструкторской документации к производственным условиям приборостроительного предприятия, планирующего изготовление продукции в соответствии с адаптируемой документацией.*

*The article deals with the problem of increasing the efficiency of processes, organizational, economic and design and technological preparation of production. The urgency of the problem is determined by the need for prompt and informed decision-making about the possibility and feasibility of setting in production of a specific product or receiving a third-party order. The chosen object of study has been the procedure of adaptation of the set of design documentation for the operating conditions of electronics manufacturer which is planning to manufacture products in accordance with the adaptable documentation.*

**Ключевые слова:** конструкторско-технологическая подготовка производства, адаптация конструкторской документации, приборостроительное предприятие.

**Keywords:** design and technological preparation of production, adaptation of the design documentation, electronics manufacturer.

С. 62–63

УДК 621.83.06

*М. Е. Лустенков*, доктор технических наук, доцент, Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь (*M. E. Lustenkov*, DSc in Engineering, Associate Professor, Belarusian-Russian University)

**Передачи с промежуточными телами качения: элементы теории и классификация (Gears with Intermediate Rolling Bodies: Elements of Theory and Classification)**

*Статья посвящена исследованию механических передач, в которых нагрузка передается посредством промежуточных тел качения. Оси (центры масс) тел качения не закреплены на общем основании и имеют возможность относительного перемещения. Разработаны модели передач, в которых беговые дорожки представлены в виде замкнутых периодических кривых – центровых профилей кулачковых поверхностей, а тела качения являются точками пересечения этих кривых. Установлены требования к центровым профилям, обеспечивающие постоянство мгновенного передаточного отношения при работе передач. Приводится классификация данной группы механизмов. В качестве примера практической реализации результатов теоретических исследований рассмотрена конструкция разработанного экспериментального образца передачи сферического типа.*

*The article investigates the mechanical transmission, in which the load is transmitted through the intermediate rolling bodies. Axes (centers of mass) of rolling bodies are not fixed on a common base and are able to move relatively to each other. The models of transmissions are given, in which race tracks are presented in the form of closed periodic curve lines (pivot profiles of cam surfaces); and the rolling elements are the points of intersection of these curves. The requirements of pivot profiles to ensure consistency of the instantaneous transmission ratio are established. The classification of this group of mechanisms is developed. As an example of the practical implementation of the results of theoretical studies, the design of the developed experimental prototype transmission of the spherical type is examined.*

**Ключевые слова:** механическая передача, редуктор, тело качения, беговая дорожка, кулачок, сепаратор.

**Keywords:** mechanical transmission, speed reducer, rolling body, race track, cam, separator.

С. 64–69

УДК 621.825(045)

*А. Н. Паршин*, кандидат технических наук, Рязанский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» (*A. N. Parshin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Ryazan Institute (Branch) of Federal State Budgetary Educational Institutional of Higher Education «Moscow Polytechnical University»)

**Синтез зубьев втулки зубчатых муфт для постоянного угла перекоса осей соединяемых валов (Synthesis of the Plug Teeth of Gear Couplings for a Constant Angle of Distortion of Axes of the Connected Shafts)**

*Целью настоящей работы является разработка метода синтеза зубчатого зацепления, позволяющего определить конструктивные параметры зубьев втулки зубчатых муфт для постоянного угла перекоса осей соединяемых валов. При синтезе зубчатого зацепления обоймы и втулки по предлагаемому методу обеспечивается пространственный линейный контакт вместо точечного с увеличением суммарной площади пятен контакта в пределах угла зацепления. Синтезированная данным методом муфта будет обладать повышенной нагрузочной способностью, износостойкостью и плавностью работы.*

*The purpose of the present work is development of a method for synthesis of the gear allowing to determine the design data of the plug teeth of gear couplings for a constant angle of distortion of axes of the connected shafts. At synthesis of the gearing for the holder and the plug in accordance with the proposed method, the spatial linear contact instead of the point one with increase in the total area of bearing contact within the pressure angle is provided. The coupling synthesized by this method will possess the increased load ability, wear resistance and smoothness of operation.*

**Ключевые слова:** зубчатая муфта, обойма, втулка, угол перекоса осей соединяемых валов, линии контакта.

**Keywords:** gear coupling, holder, plug, angle of distortion of axes of the connected shafts, lines of contact.

С. 70–76

УДК 658.512.4

*М. А. Разживина*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. A. Razzhivina*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*Д. Г. Дресвянников*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*D. G. Dresvyannikov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

**Подходы к организации высокотехнологичного производства унифицированной машины технологического электротранспорта в современных условиях (Approaches to High-Tech Manufacturing of the Unitized Machine of Technological Electric Vehicles in Present Conditions)**

*В статье обозначены предпосылки и перспективы развития технологического электротранспорта. Даны рекомендации по организации производственного процесса с примени-*



ем современных методов управления и информационных технологий. Совместное применение нескольких подходов обеспечивает гибкость и конкурентоспособность предприятия в условиях быстроменяющихся запросов потребителя.

*The article deals with preconditions and perspectives of development of technological electric vehicles. Recommendations are given on organization of the production process with the use of modern management methods and information technologies. The combined use of several approaches provides flexibility and competitiveness for rapidly changing consumer demands.*

**Ключевые слова:** электротележка, быстро реагирующее производство, ERP-система, унифицированная машина технологического электротранспорта.

**Keywords:** electric vehicle, quick response manufacturing, ERP-system, unitized machine technology of electric vehicles.

С. 77–79

УДК 621.001(045)

*М. А. Разживина*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. A. Razzhivina*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*А. И. Коршунов*, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. I. Korshunov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*Э. В. Алиев*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. V. Aliev*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

**Внедрение qrm как способ повышения эффективности в единичном и мелкосерийном производстве (QRM Implementation as a Way to Increase the Efficiency in Single and Small Batch Production)**

*Статья посвящена анализу характерных особенностей концепции быстро реагирующего производства, обеспечивающей повышение эффективности функционирования производственных систем. Применение данной концепции обеспечивает наиболее значительные результаты применительно к единичному и мелкосерийному производству, ориентированному непосредственно на удовлетворение потребностей конечного потребителя производимой продукции. Рассматриваются некоторые аспекты взаимодействия данной концепции с информационными системами, применяемыми для управления производством.*

*The article is devoted to analysis of the characteristics of the concept of quick response manufacturing, providing an increase in the efficiency of industrial systems functioning. The application of this concept provides the most significant results for single and small batch production, focused directly on the needs of the consumer of final products. It is dealt with some aspects of interaction of this concept with information systems used to control production.*

**Ключевые слова:** быстро реагирующее производство, производственная ячейка, эффективность производства, критический путь производства.

**Keywords:** quick response manufacturing, work cell, production efficiency, critical path of production.

С. 80–83

УДК 621.88.084

*Салама Башар*, аспирант, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (*B. Salama*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

**Мехатронная установка для исследования регулятора избыточного объема масла при гидропрессовой сборке (Mechatronic Unit for Studying A Regulator for the Excess Amount of Oil During the Hydraulic Press Assembly)**

*В данной статье предлагается мехатронная установка на основе гидроаккумулятора грузового типа, который обеспечивает постоянство давления, для решения проблемы дискретности подачи смазки в зону сопряжения деталей, собранных гидропрессовым методом при включении дросселя, который обычно используется для сохранения давления в системе.*

*In this paper we propose a mechatronic unit based on cargo type accumulator which provides a constant pressure to solve the problem of discreteness in lubricant supply to the coupling zone of the parts assembled using the hydraulic press method when a throttle is used to save the system pressure.*

**Ключевые слова:** гидропрессовая сборка, регулятор объема масла, конструкция и измерение.

**Keywords:** hydraulic press fit, oil volume regulator, construction, measurement.

С. 84–86

УДК 623.4.014

*С. Г. Селетков, доктор технических наук, профессор, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова (S. G. Seletkov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)*

**Оценка влияния эксплуатационных ограничений на эффективность способов уменьшения импульса отдачи при выстреле (Assessing the Impact of Operating Restrictions on the Effectiveness of Ways to Reduce the Recoil Momentum)**

*В статье автор анализирует группы эксплуатационных ограничений и условий, имеющих место при проектировании систем ствольного оружия.*

*The author analyzes the group of operating restrictions and conditions that occur when designing the barreled weapon systems.*

**Ключевые слова:** ствольное оружие, импульс отдачи, эксплуатационные ограничения.

**Keywords:** barreled weapon, recoil momentum, operating restrictions.

С. 87–89

УДК 623.418

*В. В. Стешов, кандидат технических наук, АО «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник» (V. V. Steshov, PhD in Engineering, BUREVESTNIK Central Research Institute, JSC)*

**Влияние утечек сжатого воздуха на параметры транспортирования снаряда в пневмотранспортном автомате заряжания (The Effects of Compressed Air Leakages on the Projectile Transportation Parameters in the Pneumatic Transporting Autoloader)**

*Исследовано влияние утечек сжатого воздуха на процесс транспортирования снаряда в автомате заряжания артиллерийского орудия.*

*The effects of compressed air leakages have been investigated on the process of projectile transportation in the pneumatic-transporting autoloader.*

**Ключевые слова:** пневмотранспорт, протечка, снаряд, заряжание.

**Keywords:** pneumatic transporter, leakage, projectile, loading.

С. 90–91

УДК 623.418

*В. В. Стешов, кандидат технических наук, АО «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник» (V. V. Steshov, PhD in Engineering, BUREVESTNIK Central Research Institute, JSC)*

**Особенности досылки модульных метательных зарядов в ствол артиллерийского орудия (Special Aspects of Ramming Modular Propelling Charges into the Artillery Gun Barrel)**

*Рассмотрен вариант повышения надежности транспортирования модульных метательных зарядов в пневмотранспортном автомате заряжания артиллерийского орудия.*

*A variant has been considered of improving the reliability of modular propelling charges transportation in the pneumatic transport autoloader of the artillery gun.*

**Ключевые слова:** пневмотранспорт, уплотнительное устройство, сжатый воздух.

**Keywords:** pneumatic transporter, sealing device, pressurized air.

С. 92–93

УДК 621.833.2(31)

*В. Н. Сызранцев*, доктор технических наук, профессор, Тюменский индустриальный университет (*V. N. Syzrantsev*, DSc in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen)

*А. А. Пазяк*, старший преподаватель, Тюменский индустриальный университет (*A. A. Pazyak*, Senior Lecturer, Industrial University of Tyumen)

*Л. А. Черная*, кандидат технических наук, доцент, МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва (*L. A. Chernaya*, PhD in Engineering, Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University)

**Анализ зацепления полуобкатной плоскоконической передачи с продольной локализацией контакта (Analysis of Gear Meshing of Bevel Gears With a Small Shaft Angle with a Non-Generated Gear and a Generated Pinion with Longitudinal Crowning of the Gear Tooth Surface)**

*Рассматривается рабочее зацепление полуобкатной плоскоконической передачи, являющейся основой новой гаммы соосных приводов нефтегазового оборудования. Получены зависимости для расчета точек активной действующей линии (рабочей линии) в зацеплении полуобкатной плоскоконической передачи с продольной локализацией контакта. Проанализировано влияние на положение рабочих линий погрешностей взаимного расположения колеса и шестерни в корпусе передачи.*

*The paper describes the gear meshing of bevel gears with a small shaft angle with a non-generated gear and a generated pinion which is the base for the range of coaxial gearboxes for oil and gas equipment. The authors received contact lines (lines of action) in gear meshing of bevel gears with a small shaft angle with a non-generated gear and a generated pinion with longitudinal crowning of the gear tooth surface. The authors analyzed a change in the position of contact lines in the presence of position errors of the mating pinion and gear in the body of a gearbox.*

**Ключевые слова:** соосный редуктор, полуобкатная плоскоконическая передача, бочкообразные зубья, линии контакта, многопарный контакт.

**Keywords:** coaxial gearbox, bevel gears with a small shaft angle with a non-generated gear and a generated pinion, double-convex teeth, contact lines, multiple contact.

С. 94–100

УДК 004.414.3

*Е. С. Чухланцев*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*E. S. Chukhlantsev*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*А. А. Бас*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. A. Bas*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*Ф. Ф. Шайхулгалиева*, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*F. F. Shaikhulgalieva*, Student, Kalashnikov ISTU)

**К вопросу о выборе программно-инструментального средства для оценки соответствия лифтов заданным техническим параметрам (To the Choice of Software and Tool Means for Assessment of Lifts Conformity to Assigned Technical Parameters)**

*Была проанализирована деятельность предприятия ИКЦ «Калибр». Был выявлен ряд проблем, связанных с предоставлением услуги по оценке соответствия лифтов нормативным документам, а также определены основные критерии для повышения уровня услуг. На основе полученных данных и проведенного анализа предприятия были поставлены задачи для решения данных проблем.*

*We analyzed the activity of the company "ICC caliber." A number of problems was identified relating to the provision of services for conformity assessment of lifts normative documents. The basic criteria for increasing the level of services were also determined. On the basis of the obtained data and the performed analysis of the company, assignments to solve these problems were stated.*

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, лифтовые шахты, лифт, техническое обследование, технические устройства, информационная система.

**Keywords:** business process, lift shafts, lift, technical inspection, technical equipment, information system.

С. 101–103

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 623.593

*С. Ф. Егоров*, кандидат технических наук, доцент, Институт механики УрО РАН, г. Ижевск ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. F. Egorov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics of UB RAS, Izhevsk, Kalashnikov ISTU)

*В. С. Казаков*, кандидат технических наук, профессор ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. S. Kazakov*, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

*В. А. Афанасьев*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. A. Afanasyev*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

*И. Г. Корнилов*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. G. Kornilov*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

*И. В. Коробейникова*, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*I. V. Korobeynikova*, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU)

**Эволюция электронных акустических мишеней: информационно-измерительные системы для стрелкового оружия (Evolution of Electronic Acoustic Targets: Information and Measuring Systems for Small Arms)**

*Приведена история разработок акустических мишеней на кафедре «Вычислительная техника» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова за 25 лет. Исследованы структура и конструкции информационно-измерительных систем и их параметры. Показана эволюция технических средств акустических мишеней: датчиков, линий связи, таймеров, аналогово-цифровых преобразователей. Сделан вывод о перспективности дальнейших исследований и усовершенствований информационно-измерительных систем для стрелкового оружия на базе акустических мишеней.*

*The paper presents the history of developments of acoustic targets for the last 25 years at the Computer facilities department of Kalashnikov ISTU. The structure and designs of information and measuring systems and their parameters are investigated. Evolution of technical means of acoustic targets is shown: sensors, communication lines, timers, analog digitizers. The conclusion is drawn on prospects of further researches and improvements of information and measuring systems for small arms on the basis of acoustic targets.*

**Ключевые слова:** акустическая мишень, акустический датчик, кучность, меткость, измерительная система.

**Keywords:** acoustic target, acoustic transducer, grouping, accuracy, measuring system.

C. 104–110

УДК 681.5.08

*Ю. Л. Караваев*, кандидат физико-математических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*Yu. L. Karavaev*, Kalashnikov ISTU)

*А. В. Клековкин*, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. V. Klekovkin*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

*С. К. Лесин*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. V. Lesin*, Master's degree student, Kalashnikov ISTU)

**Мультисенсорная информационно-измерительная система мобильного робота для реализации движения в недетерминированной среде (Multisensory information and measurement system of mobile robot for implementation of motion in non-deterministic environment)**

*В статье рассматривается мультисенсорная информационно-измерительная система для реализации движения в недетерминированной среде на примере высокоманевренного мобильного робота с омниколесами. Приведены алгоритмы распознавания и исключения столкновения с динамическими препятствиями. Получена экспериментальная оценка разработанных алгоритмов для автономного движения мобильного робота по заданному маршруту.*

*The paper presents a multisensory system for motion in a non-deterministic environment by the example of the high manoeuvrable mobile omnivheel robot. Algorithms of recognition and collision prevention with dynamic objections are described. Experimental estimation of developed algorithms for autonomous moving of the mobile robot on the required path is obtained.*

**Ключевые слова:** мобильный робот, Kinect, лидар, БИНС, система технического зрения, недетерминированная среда.

**Keywords:** mobile robot, Kinect, lidar, computer vision system, non-deterministic environment.  
С. 111–115

УДК 004.942, 623.522

*В. Г. Суфиянов*, кандидат физико-математических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*V. G. Sufyanov*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*С. А. Королев*, кандидат физико-математических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова  
(*S. A. Korolev*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

**Моделирование угловых характеристик опорно-поворотного механизма измерительно-регистрирующей аппаратуры при слежении за движением снаряда по внешне-баллистической траектории (Modeling of Angular Characteristics of Slewing Mechanism for Measuring and Recording Equipment when Tracking a Projectile Motion by External Ballistic Trajectory)**

*В статье представлена модель функционирования опорно-поворотного механизма измерительно-регистрирующего устройства при слежении за движением снаряда на внешне-баллистической траектории. Рассматривается задача расстановки измерительно-регистрирующих устройств на испытательном полигоне с учетом технических ограничений.*

*The article presents a model of the functioning of slewing mechanism for measuring and recording device in tracking the movement of the projectile on external ballistic trajectory. The problem of placement of measuring and recording devices at the test ground with account of technical constraints is considered.*

**Ключевые слова:** опорно-поворотный механизм, измерительно-регистрирующее устройство, моделирование угловых характеристик, траектория снаряда, испытательный полигон.

**Keywords:** Slewing mechanism, measuring and recording device, modeling angular characteristics, projectile trajectory, test ground.

С. 116–119

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 553.982

*Л. З. Юнусова*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова  
(*L. Z. Yunusova*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

*Г. З. Самигуллина*, кандидат биологических наук, доцент, Удмуртский государственный университет  
(*G. Z. Samigullina*, PhD in Biology, Associate Professor, Udmurt State University)

**Моделирование аварийной ситуации на примере Сундурско-Нязинского месторождения удмуртской республики (Modeling of an Emergency Based on the Example of Sundursko-Nyazinskoe Oil Field in the Udmurt Republic)**

*В статье рассматривается вопрос по моделированию аварийной ситуации на нефтяном месторождении Удмуртской Республики. Рассмотрены аспекты негативного влияния отдельных химических факторов взаимодействия нефти с компонентами окружающей среды. Приведенная ситуация оценена классом опасности воздействия органических компонентов нефти на окружающую среду. Предложен вариант моделирования аварийной ситуации на отдельном нефтяном месторождении как вариант снижения риска разлива нефти.*

*The article discusses the modeling of an emergency on a separate oil field in the Udmurt Republic. Aspects of the negative impact of certain chemical factors of oil interaction with the components of environment are studied. The above situation is assessed by the class of dangerous exposure of organic components of oil on the environment. A variant of modeling of an emergency on a separate oil field as an option to reduce the risk of oil spills is given.*

**Ключевые слова:** аварийная ситуация, нефтяное месторождение, класс опасности, выброс вредного вещества при горении нефти.

**Keywords:** emergency, oil field, class of danger, emission of harmful substances during oil combustion.

C. 120–123

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛИНГВИСТИКА

УДК 805.3:004

*В. А. Баранов, доктор филологических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. A. Baranov, Doctor of Philology, Professor, Kalashnikov ISTU)*

**Опыт создания модуля n-грамм системы «манускрипт» и оценки эффективности его использования для поиска коллокаций в корпусе М. В. Ломоносова (Experience of Creation of the N-Gram Module of the System “Manuscript” and Evaluation of The Efficiency of Its Application to Search Collocations in the Corpus of M.V. Lomonosov)**

*В статье описаны функции и параметры модуля n-грамм информационно-аналитической системы (корпуса) «Манускрипт» и итоги эксперимента по применению нескольких статистических методов в корпусе текстов М. В. Ломоносова. Показано, что количественные и статистические методы оценки биграмм применимы к авторскому историческому корпусу и позволяют выявлять устойчивые сочетания.*

*The article contains a description of functions and parameters of the n-gram module of the informational analytical system (corpus) “Manuscript” and the results of the experiment on the application of some statistic methods to the corpus of texts by M. V. Lomonosov. The quantitative and statistic methods of evaluation of bigrams are shown as applicable to the author’s historical corpus and enabling revelation of stable combinations.*

**Ключевые слова:** исторический корпус, корпус Ломоносова, статистические методы, n-граммы, меры ассоциации, коллокации.

**Keywords:** historical corpus, corpus of Lomonosov, statistic methods, n-grams, measure of association, collocations.

C. 124–131

УДК 004.738.5

*В. А. Баранов, доктор филологических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. A. Baranov, Doctor of Philology, Professor, Kalashnikov ISTU)*

*Р. А. Верняева, кандидат филологических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (R. A. Vernyaeva, PhD in Philology, Kalashnikov ISTU)*

**Корпус М. В. Ломоносова в интернете: новые возможности (Corpus of M. V. Lomonosov in the Internet: New Opportunities)**

*В статье представлен обзор новых возможностей корпуса текстов Ломоносова (lomonosov.pro). Усовершенствования коснулись аналитической и лингвистической разметок текстов, параметров запроса и форм демонстрации выборок. Особое внимание уделено результатам работ по созданию указателей личных и географических имен, словаря лингвистических терминов, третьей версии модулей n-грамм и статистики и некоторых других средств доступа к данным.*

*The article provides an overview of the new features of the Lomonosov corpus (lomonosov.pro). Improvements touched the analytical and linguistic markup of texts, request parameters and forms*

*of demonstration samples. Particular attention is paid to the results of creating index of personal names and geographical names, the dictionary of linguistic terms, the development of the third version of modules for n-grams and statistics and some other means of access to the data.*

**Ключевые слова:** исторический корпус, полнотекстовая база данных, Ломоносов, лингвистическая разметка, аналитическая разметка, модули доступа, XML TEI.

**Keywords:** historical corpus, full-text database, Lomonosov, linguistic marking, analytical marking, access modules, XML TEI.

C. 132–136

УДК 004.934

*Е. А. Жданова*, кандидат филологических наук, доцент, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова (E. A. Zhdanova, PhD in Philology, Kalashnikov ISTU)

### **Проект корпуса русских говоров Удмуртии (Science Project of the Linguistic Corpus of Russian Dialects of the Udmurt Republic)**

*В статье представлен проект открытого электронного аннотированного полнотекстового корпуса русских говоров Удмуртии, интегрированного в действующую лингвогеографическую информационную систему «Диалект». В статье показаны основные характеристики корпуса в сопоставлении с существующими ресурсами аналогичной направленности, в том числе лингвистическое наполнение, особенности разметки и техническое оснащение, представлены возможности использования проектируемого корпуса в диалектологических исследованиях.*

*This article presents the electronic annotated full texted corpus of the Russian dialects of the Udmurt Republic integrated with linguistic-geographical information system "Dialect". The article shows the main characteristics of the corpus versus similar resources including linguistic material, marking features, its technical equipment, and the possibility of using this corpus in dialectological researches.*

**Ключевые слова:** лингвистический корпус, русские говоры Удмуртии, диалектный текст, разметка, ЛГИС «Диалект».

**Keywords:** linguistic corpus, Russian dialects of the Udmurt Republic, dialect text, marking, linguistic-geographical information system "Dialect".

C. 137–141

## **НАНОТЕХНОЛОГИИ**

УДК 538.62, 548:537.611.46

*М. А. Плетнев*, доктор химических наук, доцент, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова (M. A. Pletnev, Kalashnikov ISTU)

*А. В. Кухто*, кандидат физико-математических наук, доцент, Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета, г. Минск (A. V. Kukhto, Research Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University)

### **Свойства функциональных материалов на базе гибридных полимерных композитов с нанокремнеземными включениями (Properties of Functional Materials on Basis of Hybrid Polymer Composites with Nano-Silica Additives)**

*Исследованы полимерные композиты на основе различных форм нанокремнезема: кремнеземные нанотрубки, графены и терморасширенный графит. В качестве полимерных матриц при получении композитов были использованы эпоксидная смола, полиметилметакрилат, поливинилацетат и биоразлагаемый сополимер стирол-акрилата (SAC).*

*Разработана модель, описывающая формирование электромагнитного отклика многостенных нанотрубок как конечной, так и бесконечной длины в микроволновой области частот. На основе модели получено выражение для эффективной диэлектрической проницаемости разориентированного неупорядоченного композита из кремнеземных нанотрубок.*

Разработаны и экспериментально опробованы методы функционализации углеродных нанотрубок путем прививки аминогрупп и эпоксидных групп. Разработаны методики селективного модифицирования графена и углеродных нанотрубок наночастицами меди, кобальта и оксида железа. Получены экспериментальные данные в микроволновом частотном диапазоне (26–37 ГГц) и в низкочастотной области (20 Гц – 1 МГц) и проведен сравнительный анализ электромагнитного отклика полимерных композитов с различными формами углерода в качестве наполнителя.

Экспериментально получены функционализированные углеродные материалы и изучены их ЭМ-свойства. Показано, что композиты на основе нанопластинок графена с наночастицами оксида железа формируют в магнитном поле тонкопленочные структуры со значительно большей площадью поверхности, чем без поля.

Созданы полимерные композитные материалы на основе электропроводных полимеров полиэтилендиокситиофена и полистиролсульфоната (PEDOT:PSS) с малыми добавками графена, модифицированного наночастицами меди, кобальта или оксида железа. Такие материалы образуют стабильные пленки со свойствами, определяемыми наполнителем (электропроводные или магнитные).

*Polymer nanocomposites comprising various forms of nanocarbon: carbon nanotubes, graphite and thermally expanded graphite are investigated. Epoxy resin, polymethyl methacrylate, polyvinyl acetate and styrene-biodegradable acrylate (SAC) were used as polymer matrices.*

*A model describing the formation of the electromagnetic response of multi-walled carbon nanotubes of finite and infinite length in the microwave frequency range is created. This model allows us to estimate the effective permittivity of a disoriented disordered composite with carbon nanotubes.*

*Methods for functionalization of carbon nanotubes by grafting amino groups and epoxy groups are developed and experimentally tested. The techniques for selective modification of graphene and carbon nanotubes with nanoparticles of copper, cobalt, and iron oxide are created.*

*A comparative analysis of the electromagnetic response of polymer composites with different forms of carbon in the microwave frequency range (26-37 GHz) and low-frequency range (20 Hz - 1 MHz) is performed. Functionalized carbon materials are experimentally obtained and their electromagnetic properties are studied.*

*It was shown that composites containing graphene nanoplates modified with iron oxide nanoparticles form a thin film in a magnetic field structure with a significantly larger surface area than without the field. Polymer nanocomposites have been synthesized on the basis of conductive polymers: polyethylenedioxythiophene and polystyrenesulfonate (PEDOT: PSS) with additives of graphene nanoparticles modified with copper, cobalt or iron oxide. Such materials form stable films with properties defined by the filler (conductive or magnetic).*

*The project is supported by the 2014FCPIR № 14.577.21.0141*

**Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, полимерные нанокompозиты, электромагнитный отклик, функционализированные углеродные материалы.

**Keywords:** carbon nanotubes, polymer nanocomposites, electromagnetic response, functionalized carbon materials

C. 142–145