

# Содержание журнала «Интеллектуальные системы в производстве» № 1 (19) 2012

## МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 629.7.085.2

*Г. С. Аленченков*, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*G. S. Alenchenkov*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*А. Э. Пушкарев*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*A. E. Pushkarev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ СТАРТОВЫХ УСТРОЙСТВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МАЛОЙ МАССЫ. (Structural synthesis of starting device mechanisms for low-weight pilotless aircrafts).** – С. 5–11.

*Проанализированы современные конструкции стартовых устройств беспилотных летательных аппаратов малой массы. С помощью методов функционально-структурного анализа найдены новые структурные схемы механизмов стартовых устройств, проведено их сравнение.*

*Modern designs of starting devices of low-weight pilotless aircrafts are analyzed. By means of functional-structural analysis methods new structural schemes of mechanisms of starting devices are found, their comparison is carried out.*

**Ключевые слова:** структурный синтез механизмов, стартовое устройство, беспилотный летательный аппарат

**Keywords:** structural synthesis of mechanisms, starting device, pilotless aircraft

УДК 532.3, 519.635.8

*Е. В. Ветчанин*, младший научный сотрудник, Удмуртский государственный университет (*E. V. Vetchanin*, Junior Researcher, Udmurt State University)

*В. А. Тенев*, доктор физико-математических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. A. Tenenev*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**ДВИЖЕНИЕ КАПЛЕОБРАЗНОГО И СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛ С ПЕРЕМЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ МАСС В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ (Motion of drop-shaped and spherical bodies with variable mass geometry in viscous fluid).** – С. 11–23.

*Проведено численное моделирование движения тел каплеобразной и сферической форм с переменной геометрией масс на основе совместного решения трехмерных уравнений Навье – Стокса и уравнений Кирхгофа. Получено, что в вязкой жидкости перемещение каплеобразного тела больше, чем у сферического.*

*Numerical simulation is carried out for motion of drop-shaped and spherical bodies with variable geometry of masses on the basis of the joint solution of three-dimensional Navier-Stokes equations and Kirchhoff equations. It was found that the displacement of a drop-shaped body in a viscous liquid is greater than of a spherical one.*

**Ключевые слова:** мобильные роботы, численные методы гидродинамики, нестационарные движения, переменная геометрия масс

**Keywords:** mobile robots, numerical methods for fluid dynamics, unsteady motions, variable geometry of masses

УДК 519.876.5

*О. Т. Зубарева*, аспирант, Физико-технический институт УрО РАН (*O. T. Zubareva*, Post-graduate, Physical-Technical Institute, Ural Branch of RAS)

*Д. В. Груздев*, ведущий программист, Физико-технический институт УрО РАН (*D. V. Gruzdev*, Lead Programmer, Physical-Technical Institute, Ural Branch of RAS)

*И. В. Журбин*, доктор исторических наук, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Физико-технический институт УрО РАН (*I. V. Zhurbin*, DSc in History, PhD in Engineering, Senior Researcher, Head of Lab, Physical-Technical Institute, Ural Branch of RAS)

**КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАНИЦ И СТРУКТУРЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ (Comprehensive method of simulation of archaeological culture boundaries and structure).** – С. 23–28.

*Разработан метод моделирования ареала археологической культуры на основе оптимизации по комплексному критерию, который учитывает исторические и физико-географические факторы: типология древних поселений, их ранжирование, реконструкция системы хозяйства, особенности рельефа и конфигурация гидросети. Апробация проведена на примере Чепецкой археологической культуры (IX–XIII вв.).*

*Method of archaeological culture area simulation according to the complex criterion is developed. The criterion takes into account typology of ancient settlements, their ranking, economic system reconstruction, topographic fea-*

tures and configuration of the drainage system. Approbation is carried out by the example of the Cheptsya archaeological culture (IX-XIII A.D.)

**Ключевые слова:** моделирование, метод оптимизации, археологическая культура, рельеф, конфигурация гидросети

**Keywords:** simulation, optimization method, archaeological culture, relief, configuration of the drainage system

УДК 51-76, 57.087.1

С. А. Королев, кандидат физико-математических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (S. A. Korolev, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

Д. В. Майков, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (D. V. Maikov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ МЕТАНОГЕНЕЗА В ВИДЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА (Method of parameters identification for methanogenesis model as a system of differential equations based on genetic algorithm). – С 29–35.

Приведены математическая модель, описывающая метаногенез, и метод ее идентификации. Показана эффективность применения генетического алгоритма с вещественным кодированием и обучением лидера методом Хука – Дживса для решения задачи идентификации. Исследована сходимость и точность алгоритма.

A mathematical model of methanogenesis and method of its identification are presented. The efficiency of applying the genetic algorithm with real coding and leader training by Hooke-Jeeve method in order to solve the identification problem is shown. The convergence and accuracy of the algorithm is investigated.

**Ключевые слова:** метаногенез, математическая модель, система обыкновенных дифференциальных уравнений, идентификация параметров, генетический алгоритм

**Keywords:** methanogenesis, mathematical model, system of ordinary differential equations, parameters identification, genetic algorithm

УДК 519.95

А. А. Летуновский, инженер-программист, ООО «ЭлЭсАй Интернешнел Ресерч», Москва (A. A. Letunovskiy, Programming Engineer, LSI International Research LLC, Moscow)

О ЗАДАЧЕ ВЫРАЗИМОСТИ АВТОМАТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СУПЕРПОЗИЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ С ФИКСИРОВАННОЙ ДОБАВКОЙ (Problem of automata expressability relative to superposition for systems with fixed additive), С. 36–50.

Рассматривается задача выразимости конечного группового автомата Медведева  $M$  суперпозициями систем вида  $\Phi \cup R$ , где  $\Phi$  состоит из всех булевых функций и «задержки»,  $R$  – произвольная конечная система автоматов. Ранее автор показал, что для группового автомата Медведева  $M$ , группа которого является разрешимой, существует алгоритм проверки  $M \in [\Phi \cup R]$ . В настоящей работе решается задача выразимости через системы  $\Phi \cup R$  произвольных групповых автоматов Медведева.

The paper considers expressibility problem of finite group Medvedev automaton  $M$  relative to superposition of systems  $\Phi \cup R$ , where  $\Phi$  consists of all Boolean functions and delay,  $R$  is the arbitrary finite system of automata. The author showed previously, that there is the testing algorithm  $M \in [\Phi \cup R]$  for group Medvedev automaton  $M$  with the solvable group. The present paper is devoted to solution of expressibility problem relative to system  $\Phi \cup R$  of arbitrary group automata.

**Ключевые слова:** конечный автомат, выразимости, алгоритм, группа

**Keywords:** finite automaton, expressibility, algorithm, group

УДК 531.8+692.522.3

С. И. Сачкова, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (S. I. Sachkova, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

А. Э. Пушкарев, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (A. E. Pushkarev, DSc in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ КАРКАСНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДВУХ ИСТОЧНИКОВ ВИБРАЦИИ (Mathematical model of frame building design vibrations at influence of two vibration sources). – С. 50–54.

Рассмотрено влияние двух источников вибрации на новые строительные конструкции из термоструктурных панелей. Выявлено, что собственные частоты панелей близки к частотам бытовых машин, насосов и вентиляторов, а динамические прогибы панелей могут превысить допустимые значения.

Influence of two vibration sources on new building designs made of thermasteel panels is considered. It is revealed, that natural frequencies of panels are close to frequencies of household machines, pumps and fans, and dynamic deflections of panels can exceed admissible values.

**Ключевые слова:** колебания, строительные конструкции, термоструктурные панели  
**Keywords:** vibrations, building designs, thermasteel panels

УДК 621.002

*Е. С. Слащев*, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*Y. S. Slashev*, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*В. Г. Осетров*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. G. Osetrov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДА ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ НА КООРДИНАТНЫЕ ОСИ (Modeling of group interchangeability method on coordinate axis).** – С. 55–60.

*Рассматривается моделирование размерной цепи с параллельными и непараллельными звеньями и метода групповой взаимозаменяемости на координатные оси, представлен способ деления трехзвенной и многозвенной цепи на группы с использованием координатных осей.*

*The paper considers modeling of a dimensional chain with parallel and nonparallel chains and of a group interchangeability method onto coordinate axes. The method of dividing a trimetric and multilink dimension chains into groups by applying coordinate axes is represented.*

**Ключевые слова:** метод групповой взаимозаменяемости, размерная цепь, декартовы координаты

**Keywords:** method of group interchangeability, dimension chains, Cartesian coordinates

УДК 621.454.3

*Ф. А. Уразбахтин*, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (*F. A. Urazbakhtin*, DSc in Engineering, Professor, Votkinsk Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*А. А. Корнев*, кандидат технических наук, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (*A. A. Korenev*, PhD, Votkinsk Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СВОЙСТВ ТВЕРДОТӨПЛИВНЫМ РАКЕТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ (Mathematical Model of Critical Situations According to Properties Intensity of Solid Propellant Rocket Engine).** – С. 60–72.

*Рассматривается математическая модель, позволяющая определять критические (нештатные) ситуации в работе твердотопливного ракетного двигателя. Модель состоит из блоков: ввода исходных данных в виде параметров состояния, воздействия внешней среды, технических условий; множеств показателей критичности элементов и всего РДТТ; анализатора, позволяющего определять количественные значения параметров и характеристик критических ситуаций. Математическая модель имеет возможность доопределения новыми показателями, представленными в виде зависимостей от параметров, в том числе и временного фактора.*

*The mathematical model is considered, allowing to define critical (supernumerary) situations in operation of a solid propellant rocket engine. The model consists of modules: initial data input as parameters of state, environment influence and technical conditions; sets of criticality characteristics for separate elements and solid propellant rocket engine as a whole; analyzer, allowing to define quantitative values of parameters and characteristic of critical situations. It is possible to supplement the mathematical model with new characteristics, depending on certain parameters, including the time factor.*

**Ключевые слова:** критические ситуации, показатели критичности, параметры, твердотопливный ракетный двигатель, элементы двигателя, математическая модель, энергетическая емкость, прочность, устойчивость, жесткость, трещиностойкость

**Keywords:** critical situations, criticality indicators, parameters, solid propellant rocket engine, engine elements, mathematical model, power capacity, strength, stability, rigidity, crack resistance

*А. С. Шаура*, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*A. S. Shaura*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*В. А. Тенев*, доктор физико-математических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. A. Tenenev*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА (Construction of decision trees applying genetic algorithm of structural and parametric synthesis).** – С. 72–80.

*Рассматривается задача построения деревьев решений как задача оптимального структурно-параметрического синтеза. Для ее решения предлагается генетический алгоритм, реализующий последовательное выращивание деревьев в соответствии с обучающим набором данных. Для кодирования структуры используется подход, основанный на сохранении всех структурных изменений в популяции в порядке*

их появления. Разработанные операторы мутации и скрещивания позволяют избежать известных проблем структурной оптимизации.

*Construction of decision trees is considered as the problem of optimal structural and parametric synthesis. A genetic algorithm is proposed to solve this problem, implementing a consequent trees growing according to the learning dataset. The approach is used for structure encoding based on saving all structural variations in population in the order as they appear. Developed crossing and mutation operators allow avoiding known problems of structural optimization.*

**Ключевые слова:** деревья решений, генетический алгоритм, структурно-параметрическая оптимизация,

**Keywords:** decision trees, genetic encoding and parametric optimization, genetic encoding

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.791

*Harold Mäsiar*, Subhead of Department, Associate Professor, PhD, Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Гаролд Мэсиар*, зам. нач. отдела, доцент, кандидат технических наук, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

*Peter Lipták*, Dean, Associate Professor, PhD, Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Петер Липтак*, декан, доцент, кандидат технических наук, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

*Daniela Antalová*, Master of Science, PhD, Senior Lecturer, Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Даниэла Анталова*, магистр, кандидат технических наук, старший преподаватель, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

*Zuzana Lacková*, Master of Science, Doctoral Student, Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Зузана Лацкова*, магистр, докторант, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

UNUSUAL APPLICATION BONDING OF ALUMINIUM AND ITS ALLOYS (**Нетрадиционные виды соединения алюминия и его сплавов**). – С. 81–88.

*This post is aimed at a wide range of use of bonding materials. With the development of industrial technologies, the efforts of designers to develop the most effective method of joining materials transformed into practice. Contributions have been incorporated into most common ways of connecting bonding, pressure bonding and friction stir spot welding. For these types of bonding is appropriate to use materials from aluminum and aluminum alloys. Development and innovation bonding techniques are widely applied in the manufacture of car bodies as well as for use in the repair industry. Application of aluminum and its alloys are largely made to improve the mechanical properties such as strength and stiffness of structures, while maintaining weight. The paper contains the results of the stir spot welding, where the role played by geometric factors tool for bonding strength and the injection strength.*

*Рассматриваются вопросы соединения различных материалов. В частности, уделяется внимание контактной сварке материалов из алюминия и (или) алюминиевых сплавов. Такие соединения актуальны, например, в автомобильной промышленности. Показано, что можно выполнить технологический процесс сварки таким образом, что механические свойства соединяемых материалов возле контакта (пятна) сварки улучшаются.*

**Keywords:** aluminum, aluminum alloys, adhesive, pressure bonding, friction stir spot welding FSSW

**Ключевые слова:** алюминий, алюминиевые сплавы, клей, склеивание давлением, точечная сварка трением

УДК 669.14

*Harold Mäsiar*, Doc. Ing., Csc., Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Гаролд Мэсиар*, доцент, кандидат технических наук, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

*Jaroslava Sedliaková*, Ing., Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Ярослава Седлякова*, инженер, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

*Františka Pešlová*, Prof. Ing., CSc., Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic (*Франтишка Пешлова*, профессор, кандидат технических наук, Тренчинский университет им. Александра Дубчека, Словацкая Республика)

INFORMATIONS ABOUT PROPERTIES OF THERMOMECHANICALLY PROCESSED STEELS AFTER APPLICATION OF OTHER PRODUCTION PROCESSES (**Свойства обрабатываемых сталей под действием различных технологических процессов**). – С. 88–94.

*This contribution deals with steels that have high-strength steels and with chosen technological properties in field of welding, mechanical working and machining.*

*Practically by the mentioned cases it is necessary to take care, that by technological processing of the mentioned steels the temperature will not exceed, that could cause the degradation of the mechanical properties. This eventuality is most possible by welding and cutting materials like Armoх and Hardox event. Weldox. The contribution shall be referred to the results of specific tests selected thermomechanical materials in terms of changes in their properties after welding in active gaseous shield. In this method the results of tests of basic mechanical properties by the tensile strength test, by the hardness test and the impact strength test are mentioned. In conclusion there are the results of specific test and the comparison of the strength characteristics of chosen processed steels.*

*Рассматриваются вопросы, связанные с влиянием технологических процессов (сварка, механическая обработка и др.) на технологические свойства обрабатываемых конструкционных материалов.*

*Оценка влияния технологических процессов на изменение свойств конструкционных материалов производится по анализу температуры материала при его технологической обработке. В частности, превышение некоторой критической температуры может существенно ухудшать свойства сталей, в частности, сталей Armoх, Hardox, Weldox. Излагается метод, позволяющий исследовать механические свойства материалов (прочность, твердость и др.) при их обработке. Приводятся результаты испытаний для стальных материалов.*

**Keywords:** technological properties, welding, welded joint

**Ключевые слова:** технологические свойства, сварка, спаянное соединение

УДК 621.7.06

*И. С. Аленченков, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (I. S. Alenchenkov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

*А. Э. Пушкарев, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (A. E. Pushkarev, DSc in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ МЕХАНИЗМОВ РОТОРНОЙ ЛИНИИ (Designing of kinematic schemes of rotor line mechanisms).** – С. 95–101.

*Проанализированы существующие варианты исполнения структурных схем контрольных механизмов роторной линии. Предложен метод их синтеза. Рассмотрены перспективные кинематические схемы указанных механизмов.*

*Existing variants of structural schemes layouts of rotor line control mechanisms are analyzed. Method of their synthesis is offered. Perspective kinematic schemes of the specified mechanisms are considered.*

**Ключевые слова:** роторная линия, механизмы, структурный синтез

**Keywords:** rotor line, mechanisms, structural synthesis

УДК 623.44(045)

*Л. А. Галаган, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (L. A. Galagan, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

*Д. В. Чирков, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (D. V. Chirkov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ПЕРЕДАЧИ ИМПУЛЬСА ОТДАЧИ НА СТРЕЛКА В СИСТЕМАХ С НЕПОДВИЖНОЙ СТВОЛЬНОЙ КОРОБКОЙ (Research of character of recoil impulse transfer to rifleman in systems with motionless receiver).** – С. 101–104.

*Рассмотрены импульсы отдачи, действующие на стрелка в системах с неподвижной ствольной коробкой и различными типами двигателей автоматики. Выявлены приоритеты.*

*The paper considers recoil impulses, acting on a rifleman in systems with a motionless receiver and various types of motors for automatics. Priorities are revealed.*

**Ключевые слова:** автоматика, отдача, стрелок, воздействие

**Keywords:** automatics, recoil strength, rifleman, influence

УДК 621.941.01

*С. В. Жильев, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (S. V. Zhilyayev, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

*С. Д. Кугультинов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (S. D. Kugultinov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

*И. В. Попов, руководитель группы отдела главного технолога ОАО «Воткинский завод» (I. V. Popov, Team Manager of the Chief Production Engineer Department, OJSC “Votkinsk plant”)*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕРНОВОГО ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ (Increasing the effectiveness of rough turning of titanium alloys parts).** – С. 104–107.

*Рассмотрены пути повышения эффективности чернового точения деталей из титановых сплавов, а также результаты сравнительных стойкостных испытаний сменных многогранных неперетачиваемых пластин отечественного и зарубежного производства.*

*The paper represents the ways of increasing the effectiveness of the rough turning of titanium alloys parts, as well as results of comparative durability tests of replaceable multisided throwaway tips of domestic and foreign production.*

**Ключевые слова:** титановые сплавы, токарные резцы, сменные многогранные пластины, черновое точение, производительность

**Keywords:** titanium alloys, turning tools, throwaway tips, rough turning, productivity

УДК 621.9.011

*К. Н. Козлова*, ассистент, Сарапульский политехнический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (*K. N. Kozlova*, Assistant, Sarapul Polytechnic Institute, Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*Н. С. Сивцев*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*N. S. Sivtsev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*И. Б. Покрас*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*I. B. Pokras*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*В. П. Шеногин*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. P. Shenogin*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ (Modeling contact processes at burnishing).** – С. 107–114.

*Изложены методика и результаты моделирования контактных процессов при обработке плоских поверхностей выглаживанием.*

*Methodology and results of modeling contact processes at flat surfaces burnishing are considered.*

**Ключевые слова:** моделирование, трение, изнашивание

**Keywords:** modeling, friction, wear

УДК 621.09.07, 621.757

*В. С. Лазарчук*, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. S. Lazarchuk*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*В. Г. Осетров*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. G. Osetrov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**ПЛАНИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ СБОРКИ В СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА (Planning a virtual assembly in modern production organization).** – С. 114–119.

*Описываются типы производств, проводятся их сравнительные характеристики, обсуждаются возможности и актуальность использования визуализации процессов сборки в различных типах производств. Предлагаются готовые модели организации ускоренного обучения рабочих-сборщиков, описываются их преимущества.*

*The paper describes production types, their comparative characteristics are presented, possibilities and relevance of applying the assembly process visualization in various types of production are discussed. Ready models of short-time training of assembly workers are proposed and their advantages are described.*

**Ключевые слова:** виртуальная сборка, электронная схема сборки, коэффициент закрепления операций, сборочный обучающий класс, пример работы ВПС

**Keywords:** virtual assembly, electronic circuit of assembly, coefficient of operations consolidation, assembly training class, example of VAP operation

УДК 539.53:621.789

*Л. Н. Маслов*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*L. N. Maslov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СПОСОБНОСТИ ШАРЖИРОВАНИЯ АБРАЗИВОМ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ (Technique and investigation results of abrasive charging ability for surfaces of parts after high-temperature thermomechanical processing).** – С. 119–121.

*Предложена методика и приведены результаты испытаний стальных образцов, обработанных по режиму высокотемпературной термомеханической обработки и в режиме обычной термообработки на способность шаржирования абразивных частиц.*

*The paper proposes a technique and results of testing steel samples after high-temperature thermomechanical*

*treatment and after common heat-treatment in order to reveal the ability of charging the abrasive particles.*

**Ключевые слова:** высокотемпературная упрочняюще-калибрующая термомеханическая обработка, обычная термомеханическая обработка, абразивная частица, шаржирование

**Keywords:** high-temperature thermomechanical hardening calibrated processing, common thermomechanical processing, abrasive particle, charging

УДК 621.891

*И. Б. Покрас*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*I. B. Pokras*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*Н. С. Сивцев*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*N. S. Sivtsev*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*Ю. О. Михайлов*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*Y. A. Mikhailov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*В. П. Шеногин*, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*V. P. Shenogin*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ (Regularities of boundary friction at metal forming).** – С. 122–127.

*Рассмотрены закономерности граничного трения в процессах обработки металлов давлением. Принято, что смазка нивелирует поверхность заготовки, заполняя все впадины, и в процессе деформирования она не выдавливается, физико-химические и гидродинамические аспекты действия смазок не рассматриваются.*

*Regularities of boundary friction at metal forming processes are considered. Lubrication is accepted to grade the billet surface, filling all troughs. It is not extruded during the deformation process. Physical-chemical and hydrodynamic properties of lubrication are not considered.*

**Ключевые слова:** трение, обработка давлением, смазка

**Keywords:** friction, metal forming, lubrication

УДК 62-1/-9

*Ф. А. Уразбахтин*, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (*F. A. Urazbakhtin*, DSc in Engineering, Professor, Votkinsk Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*А. Ю. Уразбахтина*, кандидат технических наук, доцент, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (*A. Y. Urazbakhtina*, PhD in Engineering, Senior Lecturer, Kalashnikov Votkinsk Branch of the Izhevsk State Technical University)

**ЭНЕРГОЗАПАС ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ (Power stock of technical devices).** – С. 127–137.

*Рассматривается функционирование технических устройств как процесс преобразования одного вида в другой энергетических потоков. В ходе этого преобразования техническими объектами проявляются различные по своей физической природе свойства. Для оценки этих проявлений дается обоснование введенного понятия энергозапаса.*

*Functioning of technical devices as process of transformation of one kind of energy into another is considered. During this transformation technical objects show properties, various by their physical nature. These properties are estimated by means of newly introduced concept of "power stock".*

**Ключевые слова:** энергетический поток, энергия, энергозапас, ресурс, качество, внутренняя энергия, техническое устройство, объект познания

**Keywords:** power stream, energy, power stock, resource, quality, internal energy, technical device, object of knowledge

УДК 621.9.08

*А. П. Фот*, доктор технических наук, профессор, Оренбургский государственный университет (*A. P. Fot*, DSc in Engineering, Professor, Orenburg State University)

*В. И. Чепасов*, доктор технических наук, профессор, Оренбургский государственный университет (*V. I. Chepasov*, DSc in Engineering, Professor, Orenburg State University)

*А. А. Муллабаев*, доктор технических наук, профессор, Оренбургский государственный университет (*A. A. Mullabaev*, DSc in Engineering, Professor, Orenburg State University)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАБОРОВ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕР С УЧЕТОМ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ (Designing of sets of plane-parallel end rods with account of complex optimization criterion).** – С. 138–145.

Приведены результаты анализа выходных характеристик известных и экспериментальных наборов плоскопараллельных концевых мер, предложен алгоритм проектирования наборов с учетом комплексного показателя критерия оптимизации.

**Ключевые слова:** мера концевая, набор концевых мер, алгоритм получения размеров концевых мер  
*Results of analyzing the target characteristics of known and experimental sets of plane-parallel end rods are given. The algorithm of sets designing with account of a complex indicator of optimization criterion is offered.*

**Keywords:** end rod, set of end rods, algorithm of obtaining the end rods dimensions

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.317

*M. Kamenský*, PhD, Assistant Professor, Slovak University of Technology, Slovak Republic (*М. Каменски*, кандидат технических наук, старший преподаватель, Словацкий технологический университет)

*K. Kováč*, PhD, Associate Professor, Slovak University of Technology, Slovak Republic (*К. Ковач*, кандидат технических наук, доцент, Словацкий технологический университет)

*A. Krammer*, Assistant Professor, Slovak University of Technology, Slovak Republic (*А. Краммер*, инженер, старший преподаватель, Словацкий технологический университет)

*Y. R. Nikitin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (*Ю. Р. Никитин*, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF ADDITIVE ITERATIVE METHOD FOR CORRECTION OF ADC ERRORS IN LSB REGION (Экспериментальная верификация аддитивного итерационного метода для коррекции ошибок в младшем разряде АЦП). – С. 146–151.

*In application of additive iterative method (AIM) for an analog-to-digital converter (ADC) a combination of AIM with nonsubtractive dithering enables correction of errors in LSB region. In the paper real application of the method is discussed and tested with orientation to measurements based on a single-chip microcontroller. Circuits available on a chip can be employed for the correction and only few additional components are needed. Inverse element (IE), which is a fundamental part of AIM, is created using pulse width modulation output. To achieve precise processing of a signal generated on the IE output technique similar to deterministic dithering is employed. For processing of the measured signal in the initial step of a correction nonsubtractive dithering with a stochastic dither is used. Theoretical curve of root mean square error dependency on standard derivation of added noise is compared with experimental. According to the real dependency a quasi-optimal standard deviation is found and used for final correction. Automatic correction of both linear and nonlinear error of ADC is proven experimentally. Finally a special ending condition of iterative correction is found which is suitable especially for systems with quantizer.*

*В применении аддитивного итерационного метода (АИМ) для аналого-цифрового преобразователя (АЦП), сочетание АИМ с методом подмешивания псевдослучайного сигнала без его вычитания позволяет исправлять ошибки в младшем разряде АЦП. Обсуждается реальное применение данного метода и его проверка при измерениях на базе однокристальных микроконтроллеров. Схемы, расположенные на кристалле, могут быть использованы для коррекции и требуется лишь несколько дополнительных компонентов. Инверсный элемент (ИЭ), который является основной частью АИМ, создается с помощью широтно-импульсной модуляции выхода. Для достижения высокой точности обработки сигнала, генерируемого на выходе ИЭ, используется метод, похожий на детерминированное подмешивание псевдослучайного сигнала. Для обработки измеряемого сигнала на начальном этапе коррекции используется метод подмешивания псевдослучайного сигнала без его вычитания. Сравняется теоретическая зависимость средней квадратической ошибки в зависимости от стандартного отклонения прибавленного шума с экспериментальными данными. В соответствии с реальной зависимостью находится квазиоптимальное стандартное отклонение и применяется для окончательной коррекции. Экспериментально доказана автоматическая коррекция как линейных, так и нелинейных ошибок АЦП. Наконец, найдены специальные условия окончания итерационной коррекции, которые особенно подходят для систем с квантователем.*

**Keywords:** ADC, errors, automatic correction

**Ключевые слова:** АЦП, ошибки, автоматическая коррекция

УДК 004.932:62-1/-9

*D. R. Kasimov*, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*D. R. Kasimov*, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*A. V. Kuchuganov*, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*A. V. Kuchuganov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

*A. E. Lopatkin*, начальник лаборатории ИТ, ФГУП «Ижевский механический завод» (*A. E. Lopatkin*, IT Laboratory Manager, FGUP [Federal State Unitary Plant] "Izhevsk Mechanical Plant")

СИСТЕМА ГРАФИЧЕСКОГО ПОИСКА ЧЕРТЕЖЕЙ (System of graphical search of technical drawings). – С. 152–157.



*Описываются основные функции и компоненты системы комплексного графического поиска чертежей и 3D-моделей. Данная система позволяет сократить сроки проектирования новых изделий за счет упрощения поиска существующих деталей, конструкторских решений, технологических процессов. Рассматриваются принципы интеграции системы в электронный архив предприятия.*

*Primary functions and components of the developed system of complex graphical search of technical drawings and 3D-models are described. This system allows reducing new products development time due to simplified search of existing parts, design solutions and technological processes. Principles of system integration to enterprise electronic archive are considered.*

**Ключевые слова:** технический чертеж, типовые конструктивные элементы, нечеткий граф, граф луча, база данных

**Keywords:** technical drawing, typical constructive elements, fuzzy graph, beam graph, database

УДК 539.01.07

*Е. А. Морозов, доктор технических наук, профессор, Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (E. A. Morozov, DSc in Engineering, Professor, Tchaikovsky Technological Institute, Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

*Е. С. Косов, аспирант, Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова (E. S. Kosov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

**О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫСОКОТОЧНОЙ ФОКУСИРОВКИ ИОННЫХ ПОТОКОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ (Capability of high-precision focusing of high power ion beams).** – С. 158–165.

*Анализируются возможности фокусирующих систем для получения ионных потоков высокой энергии и мощности в микрообъемах вещества. Обосновывается преимущество использования линейно-протяженных ионных источников и аксиально-симметричных фокусирующих магнитных полей.*

*Capabilities of focus systems for generating high energy and power ion beams in microvolumes are analyzed. Advantage of applying linearly extended ion sources and axial symmetric magnetic focus fields is substantiated.*

**Ключевые слова:** ионный источник, ионная пушка, автоэмиссионный ионный источник, прецизионная фокусировка, ионные потоки, ионная имплантация, электронная оптика

**Keywords:** ion source, ion gun, field-emission ion source, high-precision focusing, ion beams, ion implantation, electron optics

УДК 519.95

*Д. В. Пархоменко, аспирант, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (D. V. Parkhomenko, Post-graduate, Lomonosov Moscow State University)*

**СПЕКТРАЛЬНАЯ АВТОМАТНАЯ ФУНКЦИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НЕЮ РЕГУЛЯРНЫЕ ЯЗЫКИ (Spectral function of finite automata and related regular languages).** – С. 165–175.

*Введено понятие спектральной автоматной функции и рассмотрены некоторые ее свойства. Изучено свойство этой функции порождать языки. Исследованы свойства множеств с кратностями, возникающих на выходе детерминированных автоматов. Все эти множества оказываются регулярными, «продолжаемыми» и образуют систему вложенных друг в друга регулярных языков.*

*The concept of spectral automaton function is introduced and its certain properties are considered. Ability of this function to generate language is studied. Properties of sets with multiplicities, appearing at finite automata output, are investigated. All these sets are regular and “continuable” and they generate a system of regular languages, nested in each other.*

**Ключевые слова:** спектральная автоматная функция, мультимножества на выход детерминированных автоматов, выходные языки детерминированных автоматов

**Keywords:** spectral function of finite automata, output multi-sets of finite automata, output languages of finite automata

УДК 621.791.72

*Д. Н. Трушников, кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (D. N. Trushnikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Perm State National Research University)*

*В. Я. Бельский, доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (V. Ya. Belenkiy, DSc in Engineering, Professor, Perm State National Research University)*

*В. Е. Щавлев, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (V. E. Shchavlev, Post-graduate, Perm State National Research University)*

*А. Л. Пискунов, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (A. L. Piskunov, Post-graduate, Perm State National Research University)*

*А. Н. Лялин, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (A. N. Lyalin, Post-graduate, Perm State National Research University)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВТОРИЧНО-ЭМИССИОННОГО СИГНАЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОПЛАВЛЕНИЕМ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ (**Application of secondary-emission signal parameters for penetration control in electron-beam welding**). – С. 175–181.

*Исследованы возможности использования параметров тока несамостоятельного разряда в плазме в зоне электронно-лучевой сварки как сигнала для контроля сквозного проплавления. В экспериментах производилась осцилляция электронного пучка и регистрировались составляющие вторично-эмиссионного сигнала с различными частотами. Показана возможность создания систем автоматического контроля при электронно-лучевой сварке со сквозным проплавлением и описана модель такой системы.*

*The paper describes investigations of possibilities to apply parameters of non-self-discharge current in plasma as a signal for through-penetration monitoring in electron-beam welding. Experiments involved oscillation of the electron beam, and components of secondary-emission signal with various frequencies have been measured. Possibility of creating an automation control system in electron-beam welding with through-penetration is shown. The model of such a system is described.*

**Ключевые слова:** электронно-лучевая сварка, вторично-эмиссионный сигнал, контроль проплавления

**Keywords:** electron beam welding, secondary-emission signals, weld penetration control and monitoring

УДК 62-754.4

*К. В. Шишаков*, кандидат физико-математических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (*K. V. Shishakov*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА ТВГ И МЕТОДОВ ИХ КОМПЕНСАЦИИ (**System analysis of information signal errors of solid wave gyro and methods of their compensation**). – С. 181–191.

*Рассматривается твердотельный волновой гироскоп с измерительным устройством из восьми емкостных датчиков. Для него проведен анализ основных погрешностей информационного сигнала: систематического дрейфа, непостоянства масштабного коэффициента, шумов. Изучаются методы их компенсации.*

*The paper describes a solid wave gyro with a measuring device, consisting of eight capacitor sensors. System analysis of main errors for information signal (systematic drift, scale factor inconstancy, noises) is carried out. Methods of their compensation are investigated.*

**Ключевые слова:** твердотельный волновой гироскоп, измерительное устройство, алгоритмы обработки сигналов

**Keywords:** solid wave gyro, measuring device, algorithms of signals processing