

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ИНСТРУМЕНТА  
С НЕПРОФИЛИРОВАННОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТЬЮ**

**А.Ю. Рязанцев, О.Н. Кириллов**

В работе предложен новый подход к проектированию рабочей части непрофилированного электрода - щетки, где учитывается жесткость обрабатываемого участка и возможность поддержания требуемой точности обработки при сложном контуре заготовки. Рассмотрено влияние формы заготовки на параметры непрофилированного инструмента для чистовой обработки заготовок

Ключевые слова: непрофилированный электрод - инструмент, параметры электрода - щетки, габариты, шаг инструмента

**METHOD OF CALCULATION OF THE TOOL FROM THE UNPROFILED  
WORKER PART**

**A.Yu. Ryazantsev, O.N. Kirillov**

In work new approach to design of working part of a unprofiled electrode - a brush where rigidity of the processed site and possibility of maintenance of the demanded processing accuracy at a difficult contour of preparation is considered is offered. Influence of a form of preparation on parameters of the unprofiled tool for fair processing of preparations is considered

Key words: electrode - the tool, electrode parameters - brushes, dimensions, a tool step

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ**

**С.В. Сафонов**

В работе рассмотрено моделирование процесса, обоснование метода и возможности проектирования технологии модификации поверхностного слоя и управляемого изменения толщины покрытий, наносимых на металлические детали с целью улучшения эксплуатационных свойств изделий. Выбор способа и технологии производится методом многокритериальной оптимизации процесса на стадии технологической подготовки производства

Ключевые слова: моделирование, способы, технологии, эксплуатационные показатели, модификация, проектирование

## **MODELLING THE PROCESS OF COATING THICKNESS MODIFICATION AND VARIATION**

**S.V. Safonov**

The paper considers the process modelling and the rationale for the method and possibilities of planning the technology of surface layer modification and controlled thickness variation in coatings, deposited onto metal parts for enhancing the performance parameters of products. The methods and technologies are selected by the method of multicriterial process optimization, at the stage of production engineering

Key words: modelling, methods, technologies, performance parameters, modification, planning

## **МЕХАНИЗМ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОДОМ - ЩЁТКОЙ**

**А.Ю. Рязанцев, О.Н. Кириллов**

В статье рассмотрен механизм удаления припуска электродом-щеткой при комбинированной чистовой обработке деталей с ограниченной жёсткостью. Теоретически обоснованы силовые воздействия на обрабатываемую заготовку, что позволяет управлять режимами обработки, обеспечивающими требуемую точность обработки в зависимости от жесткости профиля детали в зоне обработки. Раскрыта специфика применения инструмента при чистовой обработке деталей с ограниченной жесткостью

Ключевые слова: комбинированная обработка, механизм процесса, электрод-щетка, чистовая обработка, ограниченная жесткость

## **MECHANISM OF FAIR PROCESSING BY THE ELECTRODE BRUSH**

**A.Yu. Ryazantsev, O.N. Kirillov**

In article the mechanism of removal of an allowance is considered by an electrode brush at the combined fair processing of details with limited rigidity. Power impacts on the processed preparation that allows to operate the processing modes providing the demanded processing accuracy depending on rigidity of a profile of a detail in a processing zone are theoretically proved. Specifics of use of the tool at fair processing of details with limited rigidity are opened

Key words: the combined processing, the process mechanism, electrode brush, fair processing, limited rigidity

**ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ  
И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ГРАФЕ**

**С.Л. Подвальный, В.В. Провоторов**

Оптимизация дифференциальных систем в банаховом пространстве, состояние которой определяется как слабое решение начально-краевой задачи для параболического уравнения с распределенными параметрами на графе, – новое направление в анализе процессов, описываемых эволюционными уравнениями на сетях. В работе получены необходимые и достаточные условия оптимума для ситуации, обусловленной фиксированным запаздыванием пространственной переменной. При этом указаны пути исследования более общих задач с распределенными параметрами на сетеподобных областях

Ключевые слова: дифференциальная система в банаховом пространстве, запаздывание, распределенные параметры на графе, задача оптимизации

**THE OPTIMIZATION PROBLEM OF PARABOLIC SYSTEM WITH DELAY AND DISTRIBUTED  
PARAMETERS ON THE GRAPH**

**S.L. Podvalny, V.V. Provotorov**

Optimization of differential systems in the Banach space, whose state is defined as a weak solution of the boundary value problem for a parabolic equation with distributed parameters on the graph - it is a new direction in the analysis of the processes described by evolution equations on networks. In the work it is obtained the necessary and sufficient conditions for the optimum in situation is conditioned by the fixed delay of the spatial variable. And it is indicated the way for research of more general problems with distributed parameters on the net-like areas

Key words: differential systems in the Banach space, the fixed delay, the distributed parameters on the graph, the optimization problem

УДК 004.75

**РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА  
К ЭЛЕКТРОННОМУ АРХИВУ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА**

**А.Д. Поваляев, С.Л. Подвальный, А.И. Сукачев, А.М. Нужный**

В статье рассмотрен пример использования мобильного терминала для организации доступа к электронному архиву предприятия на основе системы 1С:PDM

Ключевые слова: распределенные системы, взаимодействие систем, мобильный терминал, система 1С:PDM

**ORGANIZATION OF INTER-SYSTEM INTERACTION OF PDM-TERMINAL  
WITH 1С:PDM**

**A.D. Povalyaev, S.L. Podvalny, A.I. Sukachev, A.M. Nuzhny**

In the article the example of usage of the mobile terminal for access to electronic archives of the enterprise

Key words: distributed systems, interaction systems, the mobile terminal, the system 1С:PDM

УДК 004.42

**МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА БЕЛЛМАНА РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ О РАНЦЕ**

**Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский**

В статье рассматривается вариант динамической постановки задачи о ранце и алгоритм ее решения на основе модификации метода Беллмана

Ключевые слова: динамическое программирование, дискретное программирование, задача о ранце

**THE MODIFICATION OF THE BELLMAN METHOD FOR SOLVING DYNAMIC KNAPSACK PROBLEM**

**D.E. Elizarov, V.L. Burkovsky**

The article describes the option of dynamic formulation of the knapsack problem and the algorithm of its solution based on the modification of the Bellman's method

Key words: dynamic programming, discrete programming, knapsack problem

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЫСТРОГО ДИСКРЕТНОГО  
СПЛАЙНОВОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ  
КОРРЕЛИРОВАННОСТИ ДИСКРЕТНО ЗАДАНЫХ ДАННЫХ**

**И.А. Блатов, Ю.А. Герасимова**

Рассмотрен метод быстрого дискретного вейвлет-преобразования в пространстве сплайновых вейвлетов на конечном отрезке. Описан алгоритм применения сплайновых вейвлетов и ослабления коррелированности последовательности сильнокоррелированных случайных величин. Исследован метод оценки декоррелирующих свойств ортогональных преобразований. Проведена сравнительная оценка эффективности быстрого дискретного вейвлет-преобразования на базе сплайновых вейвлетов и преобразования Добеши в рамках задачи теории массового обслуживания

Ключевые слова: вейвлет-анализ, сплайновые вейвлеты, декорреляция, вейвлет-преобразование

**EFFICIENCY EVALUATION OF APPLICATION OF FAST DISCRETE SPLINE WAVELET  
TRANSFORMATION FOR LOOSENING CORRELATION OF DISCRETELY SET DATA**

**I.A. Blatov, Yu.A. Gerasimova**

The task of loosening of correlation of sequence of strongly correlated random variables within the mass service theory is set. The algorithm of application of spline wavelet for loosening of correlation of sequence of strongly correlated random variables is described. Properties of the matrixes received as a result of application of transformation algorithm are studied. Results of numerical experiment studies are given

Key words: wavelet-analysis, spline wavelets, decorrelation, wavelet transformation

УДК 519.245

**НЕДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯ ANSYS DESIGNXPLORER**

**А.В. Кретинин, Д.Н. Галдин, Д.П. Шматов**

Рассмотрен алгоритм недетерминированного математического моделирования гидродинамических процессов в проточной части центробежного насоса средствами пакета конечно-элементного анализа ANSYS в сочетании с методами робастной оптимизации, что позволяет получить оптимизированную геометрию проточной части насоса, обеспечивающую максимальную гидродинамическую эффективность с учетом возможных отклонений факторов

Ключевые слова: оптимизация, ANSYS, параметрическое моделирование, гидродинамические процессы

**NON-DETERMINISTIC SIMULATION OF HYDRODYNAMIC PROCESSES WITH USE OF ANSYS DESIGNXPLORER MODULE**

**A.V. Kretinin, D.N. Galdin, D.P. Shmatov**

Use the opportunities of mathematical modeling of hydrodynamic processes in turbine setting of the of the centrifugal pump by means of the package of finite element analysis ANSYS in conjunction with methods of nonlinear programming allows to the optimized geometry of turbine setting, which provides maximum power efficiency of the pump

Key words: optimization, ANSYS, parametric modeling, hydrodynamic processes

**МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА БАЗЕ  
НЕЧЁТКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

**В.Л. Бурковский, В.Н. Крысанов, А.Л. Руцков, Шукур Омар Шукур Махмуд**

В статье рассматривается модель анализа функционирования ЭЭС и прогнозирования уровня потребления электроэнергии с помощью нечёткой нейронной сети

Ключевые слова: электроэнергетическая система, модель анализа и прогнозирования в ЭЭС, нечёткая нейронная сеть

**MODEL OF FORECASTING OF REGIONAL ENERGY CONSUMPTION ON THE BASIS  
OF THE INDISTINCT NEURAL NETWORK**

**V.L. Burkovsky, V.N. Krysanov, A.L. Rutskov, Shukur Omar Shucur Mahmoud**

In article the model of the analysis of functioning of EES and forecasting of level of consumption of the electric power by means of an indistinct neural network is considered

Key words: electrical power system, model of the analysis and forecasting in EES, an indistinct neural network

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ  
АППАРАТАХ ГТУ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕЛЬЕФНЫХ РЕБЕР**

**А.А. Пригожин, С.В. Дахин**

Рассматривается возможность применения рельефных ребер для интенсификации теплопередачи в регенеративных теплообменниках ГТУ. Профилирование поверхности происходило путём устройства трёхмерных углублений различной геометрии (ТЛЖТ-поверхность). При численном моделировании ребер с лунками в ряде случаев наблюдался опережающий рост теплоотдачи по сравнению с гидродинамическим сопротивлением

Ключевые слова: профилированное ребро, лунки, смерчеобразные струи, теплопередача, интенсификация

**INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER IN REGENERATIVE HEAT EXCHANGERS STU  
IN THE APPLICATION OF RELIEF EDGES**

**A.A. Prigozhin, S.V. Dakhin**

Describes the application of relief edges to the intensification of heat transfer in regenerative heat exchangers of gas turbine plants. Profiling surface occurred through three-dimensional cavities of various geometries (TLJT-surface). In numerical simulations of ribs with holes in a number of cases there was outstripping growth of heat transfer in comparison with the hydrodynamic resistance

Key words: profiled edge, wells, tornado, heat transfer, intensification

## **АЛГОРИТМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИВЕРСНОЙ СИСТЕМОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ БЛОКОВ АЭС**

**Е.В. Андропов, И.Р. Коган, В.П. Поваров, Л.П. Павлов**

Приводится описание реализации применения принципа разнообразия как способа исключения (снижения вероятности) отказа по общей причине в управляющей системе безопасности Нововоронежской АЭС-2

Ключевые слова: отказ по общей причине, программное обеспечение, управляющие системы безопасности, диверсная система защит, алгоритмы защит

## **ALGORITHMIZATION OF THE CONTROL DIVERSEY THE SYSTEM OF COMPREHENSIVE PROTECTION OF NUCLEAR POWER UNITS**

**E.V. Andropov, I.R. Cogan, V.P. Povarov, L.P. Pavlov**

The description of the implementation of the principle of diversity as a way to exclude (minimize the probability) of common cause failure in safety control system of Novovoronezh NPP-2

Key words: common cause failure, software, safety control systems, diverse protection systems, protection algorithms

## **РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЗОВАННОЙ МОДЕЛИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОДВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА В СРЕДЕ ANSYS WORKBENCH**

**А.А. Цыганов, Д.П. Шматов, К.В. Кружаев, А.В. Гаганов**

В данной статье рассмотрена методика создания параметризованной модели проточной части подвода центробежного насоса, которая необходима для решения задач оптимизации конструкции проточной части в среде ANSYS Workbench. Методика позволяет создать параметризованную модель проточной части подвода и значительно сократить количество времени на получение оптимального профиля подвода насоса

Ключевые слова: параметризация, модель, центробежный насос, ANSYS

## **DEVELOPMENT OF A PARAMETERIZED MODEL OF THE FLOW PART SUPPLY OF A CENTRIFUGAL PUMP IN ANSYS WORKBENCH**

**A.A. Tsyganov, D.P. Shmatov, K.V. Kruzhaev, A.V. Gaganov**

This article describes the methodology of creating a parameterized model of the flow part supply of a centrifugal pump, which is necessary for the decision of tasks of optimization of hydraulic design in the ANSYS Workbench. The method allows to create parameterized model of a flowing part of the supply and significantly reduce the amount of time to deliver the optimal profile of a supply pump

Key words: parameterization, model, centrifugal pump, ANSYS

УДК 538.9

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА  
МЕТОДАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ**

**А.В. Кретинин, Е.Е. Куликова, К.Д. Булыгин**

Для решения задачи оптимизации конструкции теплообменного аппарата средствами пакета конечно-элементного анализа ANSYS создана параметризованная геометрическая модель проточной части теплообменника. Решение уравнений гидродинамики осуществляется в модуле ANSYS CFX. Нелинейная оптимизация проводится в модуле DesignXplorer

Ключевые слова: ANSYS, оптимизация, компьютерная динамика жидкости

**IMPLEMENTING DECISION PROCEDURE  
OF OPTIMIZATION PROBLEM FOR HEAT PIPES USING ANSYS WORKBENCH**

**A.V. Kretinin, E.E. Kulikova, K.D. Bulygin**

To solve the problem of the heat exchanger design optimization by the finite element analysis using ANSYS software it is necessary to create a parameterized geometric model of the heat exchanger liquid end. This paper shows a technique that can be considered as standard model for solving optimization problems with the use of computer fluid dynamics models

Key words: ANSYS, optimization, computer fluid dynamics

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ЖЕСТКО ПРИСОЕДИНЕННОЙ ИНЕРЦИОННОЙ НАГРУЗКОЙ**

**Хлайнг Мью Вин, В.Н. Шамберов**

На рассмотрение выносятся результаты исследования динамической модели электродвигателя с жестко присоединенной инерционной нагрузкой и сухим трением. Сухое трение в нагрузке моделируется по некулоновской идеализации, при которой учитывается не только наличие отрицательного участка в характеристике трения, но и превышение сил трения покоя над силами трения движения. Исследование проводится методом точечных отображений в фазовом пространстве модели. Результаты исследования представляются в виде разбиения пространства параметров электродвигателя с нагрузкой на области качественно различного его динамического поведения

Ключевые слова: электродвигатель, некулоновская модель сухого трения, трение покоя, трение движения, математическая модель, разбиение пространства параметров

## **THE ELECTRO-MOTOR MATHEMATIC MODEL WITH HARD-CONNECTED INERTIAL LOAD**

**Hlayng Myo Win, V.N. Shamberov**

The results of investigation of electro-motor (with hard-connected inertial load and dry friction) dynamical model are brought in to consideration. Dry friction in the load is modeled according to non-Coulomb idealization. It considers not only the presence of negative friction, but also the excess of state friction over the movement friction. The research is carried out by the point transform method in the model's phase space. The results of the investigation are represented as "partition" of parameters' space into the areas of its qualitatively different dynamic behavior

Key words: electro-motor, non-Coulomb dry friction model, state friction, movement friction, mathematic model of the electro driver, partition" of parameters' space of the electro driver

**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К КОЭФФИЦИЕНТУ ОСЛАБЛЕНИЯ  
АЭРОЗОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕРЫВАНИЯ РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ**

**М.Г. Калашников, В.Г. Керков, С.В. Утемов**

Разработан методический аппарат для обоснования требований к характеристикам аэрозольных помех, приводящих к прерыванию радиосигналов управления ракетой в миллиметровом диапазоне длин волн. Проведена оценка отношения сигнал/помеха в зависимости от коэффициента ослабления радиоволн на частицах аэрозольного образования

Ключевые слова: аэрозольное образование, коэффициент ослабления радиоволн

**TECHNIQUE OF THE SUBSTANTIATION OF REQUIREMENTS TO FACTOR OF EASING  
OF AEROSOL FORMATION FOR INTERRUPTION OF THE RADIO LINE OF MANAGEMENT**

**M.G. Kalashnikov, V.G. Kerkov, S.V. Utyomov**

The methodical device is developed for a substantiation of requirements to characteristics of the aerosol hindrances leading to interruption of radio signals of management by a rocket in a millimetric range of lengths of waves. The estimation of the relation a signal/hindrance depending on factor of easing of radio-waves on particles of aerosol formation is spent

Key words: aerosol formation, factor of easing of radio-waves

## **ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ С УЧЕТОМ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

**А.В. Турецкий**

Рассмотрены основные стадии процесса моделирования радиоэлектронных средств в системе Creo Parametric с использованием специализированного модуля Creo Parametric Mechanica. Показано применение предложенных процедур при проектировании модуля на печатной плате

Ключевые слова: радиоэлектронный модуль, нагрузка, механический анализ

## **THE OPTIMAL DESIGN OF RADIO ELECTRONIC MODULE IN VIEW OF MECHANICAL ACTION**

**A.V. Turetsky**

The main stage of the process simulation of electronic modules in the system Creo Parametric with specialized module Creo Parametric Mechanica. Results using the proposed procedures for the design of the module PCB

Key words: the radio-electronic module, loading, the mechanical analysis

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СБОЕВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

**А.Б. Токарев, А.А. Саликов, А.В. Муратов**

Повышение качества функционирования систем цифрового телевидения требует периодического контроля соответствия передаваемой информации требованиям, предъявляемым к цифровому видеоконтенту. Для оперативного устранения проблем передачи данных необходим механизм выявления сбоев формирования видеоизображения. В статье предлагаются статистики, позволяющие автоматизировать обнаружение подобных сбоев

Ключевые слова: радиоконтроль, видеокадр, признаки сбоев формирования изображения

## **AUTOMATION OF FAULT RECOGNITION IN DIGITAL TELEVISION NETWORKS**

**A.B. Tokarev, A.A. Salikov, A.V. Muratov**

Improving the quality of functioning of digital television systems requires to control the parameters of transmitted video image periodically and to compare them with the requirements to digital video content. A mechanism is needed to detect the video frames formation failure and eventually to quick troubleshoot data transfer problems. The article offers some statistics that can automate the detection of such video data transfer faults

Key words: radio monitoring, video image, bad video frame indicator

## **АДРЕСНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ В РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ**

**Д.А. Алексеев, С.Ю. Белецкая, А.Б. Токарев**

Сбор данных для разностно-дальномерной системы и иных подобных систем часто осложняется фактом сосуществования в анализируемых полосах частот множества однотипных источников, излучающих подлежащие обработке сигналы асинхронно по отношению друг к другу. Предложена процедура адресной обработки подобных сигналов. Приведены краткие результаты эксперимента по определению координат нескольких воздушных целей разностно-дальномерной системой с базой в несколько километров

Ключевые слова: адресная обработка сигналов, радиоконтроль, разностно-дальномерный метод

## **ADDRESS DATA PROCESSING OF AIR TARGET SIGNALS IN TDOA-SYSTEMS**

**D.A. Alekseev, S.Yu. Beletskaya, A.B. Tokarev**

The collection of data for TDOA-system and other similar systems is often complicated by the fact that in the analyzed frequency bands often works many of similar sources, emitting their signals asynchronously with respect to each other. In the paper an appropriate address data processing algorithm proposed and brief results are shown for the experiment of determine the coordinates of several air targets by TDOA-system with a base of several kilometers

Key words: address data processing, radio monitoring, TDOA-method

**ТЕРМОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ДВУХСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЕ  
[Cu<sub>2</sub>O]<sub>90</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>10</sub> – [Cu<sub>2</sub>O]<sub>60</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>40</sub>**

**В.В. Бавыкин, Ю.Е. Калинин, Л.В. Канивец, А.С. Шуваев**

Исследован термовольтаический эффект в двухслойной структуре [Cu<sub>2</sub>O]<sub>90</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>10</sub>-[Cu<sub>2</sub>O]<sub>60</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>40</sub>. Из полученных температурных зависимостей э.д.с. наблюдаемого эффекта определена энергия активации подвижности носителей заряда. Рассчитана и построена температурная зависимость мощности термовольтаического эффекта, максимальное значение которой равно P = 0.7 нВт при T=800 К

Ключевые слова: композиты, электрические свойства, термовольтаический эффект

**TERMOVOLTAIC EFFECT IN TWO-LAYER STRUCTURE  
[Cu<sub>2</sub>O]<sub>90</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>10</sub>-[Cu<sub>2</sub>O]<sub>60</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>40</sub>**

**V.V. Bavykin, Yu.E. Kalinin, L.V. Kanivets, A.S. Shuvaev**

Investigated the effect of termovoltaic in a two-layer structure [Cu<sub>2</sub>O]<sub>90</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>10</sub>-[Cu<sub>2</sub>O]<sub>60</sub>[Cu<sub>2</sub>Se]<sub>40</sub>. From the temperature dependence of the power termovoltaic effect observed activation energy of the charge carrier mobility. Designed and built by the temperature dependence of power termovoltaic effect, the maximum value of which is equal to P = 0.7 nW at T = 800 K

Key words: composites, electrical properties, termovoltaic effect

УДК 539.216.2:

## **ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ШИРОКОЗОННЫХ ОКСИДОВ И МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛЕНОК**

**И.В. Бабкина, О.В. Жилова, К.Г. Королев, В.А. Макагонов, П.М. Хлоповских**

Получены пленки ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и многослойная структура (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO)<sub>83</sub>. Исследованы структура и электрические свойства пленок. Рентгенографические исследования показали, что пленки ZnO и In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> имеют мелкокристаллическую структуру. Низкотемпературные измерения сопротивления позволили выявить наличие слабой локализации электронов проводимости для пленок In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO)<sub>83</sub>. Обнаружено, что при увеличении температуры отжига в пленках In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> длина неупругого рассеивания электронов увеличивается, а в пленках (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO)<sub>83</sub> – уменьшается

Ключевые слова: широкозонный полупроводник, электрические и магниторезистивные свойства, многослойная гетерогенная структура, слабая локализация электронов

## **ELECTROTRANSPORT PROPERTIES WIDE-BANDGAP OXIDES AND MULTILAYER STRUCTURES**

**I.V. Babkina, O.V. Zhilova, K.G. Korolev, A.V. Makagonov, P.M. Hlopovskih**

The films ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and a multilayer structure (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO)<sub>83</sub> are prepared. The structure and electrical properties of the films are investigations. X-rays studies have shown that the films of ZnO and In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> have fine-grained structure. Low-temperature resistance measurements revealed the presence of weak localization of conduction electrons for films In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO)<sub>83</sub>. It is found that with increasing annealing temperature in In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films the length of inelastic scattering of electrons increases, and in films (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO)<sub>83</sub> it is decreases

Key words: wide-bandgap semiconductor, electrical and magnetoresistive properties, heterogeneous multilayer structure, a weak electron localization

## СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ФЕРРОМАГНЕТИК-ДИЭЛЕКТРИК

**Х.С.М. Аль Аззави, К.Г. Королев, В.А. Макагонов, А.В. Ситников, О.С. Тарасова**

Методом ионно-лучевого распыления получены пленки композитов  $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  и  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  и многослойных структур  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{N}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$  и  $\{[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$  при циклической подаче реактивных газов в процессе осаждения. Исследованы структура и электрические свойства пленок. Показано, что пленки имеют слоистую структуру. Установлено, что реактивные газы, используемые для получения прослоек, увеличивают электрические свойства гетерогенных структур по сравнению с композитами, синтезированными в атмосфере аргона

Ключевые слова: структура, электрические свойства, композиты, многослойные гетерогенные структуры

## STRUCTURE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF MULTILAYER FILMS BASED ON FERROMAGNET-INSULATOR COMPOSITES

**H.S. M. Al'Azzavi, K.G. Korolev, V.A. Makagonov, A.V. Sitnikov, O.S. Tarasova**

By ion-beam sputtering have been obtained composites films  $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  and multilayer structures  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{N}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$  in cyclic feeding reactive gases during the deposition. The structure and electrical properties of the films were investigated. It is shown that the films have a layered structure and it found that the reactive gases used for obtaining interlays increase electrical properties of heterogeneous structures compared to composites synthesized in argon atmosphere

Key words: structure, electrical properties, composites, layered heterogeneous structures

## АМПЛИТУДНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КРИСТАЛЛЕ $\text{KH}_2\text{PO}_4$

**Р.С. Алькхазаали, Д.А. Лисицкий, Л.Н. Коротков**

Изучены амплитудные зависимости диэлектрических потерь ( $\text{tg}\delta$ ) в сегнетоэлектрической фазе монокристалла дигидрофосфата калия. Обнаружен сильный рост  $\text{tg}\delta$  в случае, когда измерительное поле превышает некоторое пороговое значение. В рамках модели, предусматривающей отрыв доменных границ от стопоров, определена температурная зависимость поля активации отрыва  $g$ . Показано, что наблюдаемое с понижением температуры возрастание поля  $g$  в окрестностях температуры «замораживания доменной структуры» обусловлено увеличением энергии взаимодействия доменных границ с дефектами кристаллической решетки

Ключевые слова: диэлектрические потери, сегнетоэлектрик, доменная граница, стопоры, поле активации

## AMPLITUDE DEPENDENCE OF DIELECTRIC LOSSES IN THE $\text{KH}_2\text{PO}_4$ CRYSTAL

**R.S. Al'khazaali, D.A. Lisitsky, L.N. Korotkov**

Amplitude dependences of dielectric losses ( $\text{tg}\delta$ ) have been studied for ferroelectric phase of potassium dihydrogen phosphate single crystal. It was found that at measurement fields  $E$  exceeding some critical value, dependence of  $\text{tg}\delta(E)$  can be described within a model that includes the depinning of domain walls from lattice point defects. The activation field of depinning is grow appreciably when approaching to the "domains freezing temperature", that caused by increasing of domain walls and lattice defects interaction

Key words: dielectric losses, ferroelectric, depinning of domain walls, activation field

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ НАНОКОМПОЗИТОВ ФЕРРОМАГНИТНЫЙ МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК

**Х.С.М. Аль Аззави, К.Г. Королев, В.А. Макагонов, А.В. Ситников, О.С. Тарасова**

Методом ионно-лучевого распыления получены пленки композитов  $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  и многослойных гетерогенных структур  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{N}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$  при циклической подаче реактивных газов в процессе осаждения. Исследовано влияние структуры и магнитостатических свойств пленок на концентрационные зависимости комплексной магнитной проницаемости образцов на частоте 50 МГц. Показано, что введение окисленной прослойки позволило подавить перпендикулярную магнитную анизотропию в композитах  $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$  при концентрации металлической фазы выше порога перколяции

Ключевые слова: многослойные гетерогенные структуры, композит, комплексная магнитная проницаемость, кривые намагничивания, ферромагнитные гранулы, высокочастотные свойства

## HIGH-FREQUENCY MAGNETIC PROPERTIES OF MULTILAYER HETEROGENEOUS FILMS BASED ON NANOCOMPOSITES FERROMAGNETIC METAL-INSULATOR

**H.S.M. Al'Azzavi, K.G. Korolev, V.A. Makagonov, A.V. Sitnikov, O.S. Tarasova**

The films of composites and multilayer heterogeneous structures composite- composite, were obtained by ion-beam sputtering method  $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ ,  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ ,  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{N}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}]/[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$ ,  $\{[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$  and  $\{[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}+\text{O}_2]\}_n$  with cyclic feeding reactive gases during the deposition. Effect of structure and properties of magnetostatic films on the concentration dependences of complex magnetic permeability of samples at a frequency of 50 MHz was investigated. It is shown that the introduction of the oxidized layer allowed to destroy the perpendicular magnetic anisotropy of the composite  $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$  with concentration of metallic phase above the percolation threshold

Key words: heterogeneous multilayer structures, composite, complex permeability, magnetization curves, ferromagnetic granules, high-frequency properties

## **РЕВЕРСИВНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА И ТИТАНАТА БАРИЯ**

**В.М. Аль Мандалави, Н.А. Емельянов, Т.Н. Короткова, Л.Н. Коротков**

В интервале температур 20 – 185 °С изучены температурные зависимости линейной ( $\epsilon$ ) и нелинейной ( $\epsilon_2$ ) составляющих диэлектрического отклика матричного нанокompозита на основе титаната бария и полистирола (0,3BaTiO<sub>3</sub> - 0,7PS. Состав указан в объемных долях). На кривых  $\epsilon(T)$  и  $\epsilon_2(T)$  наблюдаются аномалии - максимум и минимум соответственно - в окрестностях температуры  $T_m \approx 100$  °С. Показано, что регистрируемый в исследованном материале нелинейный диэлектрический отклик не связан непосредственно с сегнетоэлектрическими свойствами частиц титаната бария. Обосновано предположение о том, что ответственным за нелинейный вклад в поляризацию является граничный слой полистирол – частица BaTiO<sub>3</sub>

Ключевые слова: матричный нанокompозит, модификация поверхности, нелинейный отклик

## **REVERSIVE DIELECTRIC NONLINEARITY OF BARIUM TITANATE – POLYSTYRENE COMPOSITE MATERIAL**

**W.M. Al Mandalawi, N.A. Emelianov, T.N. Korotkova, L.N. Korotkov**

Temperature dependences of linear ( $\epsilon$ ) and nonlinear ( $\epsilon_2$ ) components of dielectric response of matrix composite 0,3BaTiO<sub>3</sub> - 0,7PS (the composition is specified in volume parts) are studied. Anomalies in the curves  $\epsilon(T)$  and  $\epsilon_2(T)$  – maximum and minimum, correspondingly, are observed near the temperature  $T_m \approx 100$  °С. It is revealed that nonlinear dielectric response is no caused by ferroelectric properties of barium titanate particles directly. Supposition concerning a main contribution of intermediate layer between BaTiO<sub>3</sub> and polystyrene to nonlinear polarization is proved

Key words: mixed nanocomposite, surface modification, nonlinear response

## **ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА МАТРИЦЫ НА МАГНИТОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ Fe-Al-O и Fe-Nb-O**

**О.В. Стогней, А.Дж. Аль-Малики, А.А. Гребенников,  
К.И. Семенов, А.Н. Смирнов**

Исследовано влияние материала изолирующей матрицы на электрические и магнитные свойства нанокomпозитов металл-диэлектрик ( $\text{Fe}_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ) и металл-полупроводник ( $\text{Fe}_x(\text{Nb}_2\text{O}_5)_{100-x}$ ). Установлено, что характеристики композитов, определяемые электронным транспортом через матрицу (электрическое сопротивление, положение электрического порога перколяции, магнеторезистивный эффект), зависят от вида материала. Замена матрицы из  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  приводит к исчезновению магнетосопротивления и смещению порога перколяции с 53 до 14 ат. % Fe. При этом магнитные свойства композитов не зависят от вида матрицы: концентрация магнитного порога перколяции практически не меняется (50 и 48 ат. % Fe соответственно), а максимальная коэрцитивная сила образцов, находящихся «за» порогом перколяции, близка по величине (14 Э и 44 Э) в композитах  $\text{Fe}_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$  и  $\text{Fe}_x(\text{Nb}_2\text{O}_5)_{100-x}$  соответственно

Ключевые слова: гранулированный нанокomпозит, порог перколяции, магнетосопротивление

## **EFFECT OF THE MATRIX MATERIAL ON THE MAGNETOTRANSPORT PROPERTIES OF Fe-Al-O AND Fe-Nb-O NANO GRANULAR COMPOSITES**

**O.V. Stognei, A.J. Al-Maliki, A.A. Grebennikov, K.I. Semenenko, A.N. Smirnov**

Effect of material of an insulating matrix on the electrical and magnetic properties of metal-dielectric  $\text{Fe}_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$  and metal-semiconductor  $\text{Fe}_x(\text{Nb}_2\text{O}_5)_{100-x}$  nanocomposites has been investigated. It was found that the composites characteristics which are defined by electron transport through the matrix (the electrical resistance, the position of the electrical percolation threshold, the magnetoresistive effect) depend on the type of material. Replacing the  $\text{Al}_2\text{O}_3$  matrix by  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  leads to disappearance of the magnetoresistivity and shift of the percolation threshold from 53 to 14 at. % Fe. The magnetic properties of the composites does not depend on the type of the matrix: the concentration of the magnetic percolation threshold is not changed (50 and 48 at. % Fe, respectively) and the maximum coercive force values of the samples that are "after" percolation threshold are close in magnitude (14 Oe and 44 Oe) in composites  $\text{Fe}_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$  and  $\text{Fe}_x(\text{Nb}_2\text{O}_5)_{100-x}$ , respectively

Key words: granular nanocomposite percolation threshold, magnetoresistance

## **НЕЛИНЕЙНЫЕ СВОЙСТВА ГРАНУЛ И МЕЖГРАНУЛЬНОЙ СРЕДЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ СИСТЕМЫ Bi-Sr-Ca-Cu-O**

**И.М. Голев, А.В. Сергеев, В.Г. Кадменский, О.В. Калядин**

Приведены результаты исследований нелинейных свойств гранулированных сверхпроводников системы Bi-Sr-Ca-Cu-O при сверхпроводящем переходе. Впервые обнаружено два максимума на температурной зависимости третьей гармоники сигнала отклика при воздействии переменного поля. Произведен расчет средней тепловой мощности омических потерь в случае сильного и слабого скин-эффекта. Показано, что третья гармоника несет информацию только об областях гранулированных высокотемпературных сверхпроводников, обладающих нелинейными свойствами

Ключевые слова: высокотемпературный сверхпроводник, нелинейные свойства, скин-эффект, диссипация энергии, эффективная электрическая проводимость

## **NONLINEAR PROPERTIES OF GRANULATED AND INTERGRANULAR MEDIUM HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTORS OF THE SYSTEM Bi-Sr-Ca-Cu-O**

**I.M. Golev, A.V. Sergeev, V.G. Kadmenskiy, O.V. Kalyadin**

The paper carries out the research on nonlinear properties of granulated superconductors of the system Bi-Sr-Ca-Cu-O in conditions of superconducting transition. For the first time was discovered two maximum of response signal on temperature dependence third harmonic under the influence of alternating magnetic field. It was done a calculation of thermal power ohmic losses in case of strong and weak skin-effect. It is shown that third harmonic carries the information only about granulated high-temperature superconductors which have got nonlinear properties

Key words: high-temperature superconductor, nonlinear properties, skin-effect, energy dissipation, effective electric conduction

## **ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, УПРОЧНЕННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ**

**О.Д. Козенков, Т.В. Пташкина, А.Т. Косилов, Д.Г. Жилияков**

Исследована износостойкость композиционных электрохимических покрытий с никелевой матрицей, упрочненных углеродными нанотрубками или ультрадисперсными алмазами. Покрытия были получены в процессе электролитического осаждения из соответствующих суспензий углеродных наноматериалов в диспергирующей среде на основе электролита никелирования. Установлено, что при увеличении концентрации наночастиц в суспензии износостойкость композиционных электрохимических покрытий сначала увеличивается в 2-3 раза пропорционально концентрации, достигает максимального значения, затем плавно незначительно снижается. Экспериментальные результаты обоснованы в рамках модели дисперсного упрочнения. Более низкие значения износостойкости, полученные для КЭП, никелевая матрица УНТ связаны с геометрией дисперсных частиц углеродных наноматериалов

Ключевые слова: композиционные электрохимические покрытия, никелевая матрица, углеродные наноматериалы, углеродные нанотрубки, ультрадисперсные алмазы, суспензии углеродных наноматериалов, износ, износостойкость, дисперсное упрочнение

## **WEAR RESISTANCE COMPOSITE ELECTROCHEMICAL COATINGS HARDENING OF CARBON NANOMATERIALS**

**O.D. Kozenkov, T.V. Ptashkina, A.T. Kosilov, D.G. Zhilyakov**

Studied the wear resistance of composite electrochemical coatings with the nickel matrix, hardened-tion of carbon nanotubes or ultrafine diamonds. Coatings were prepared in-matic electrolytic deposition of the respective suspensions of carbon nanomaterials in a dispersive medium based on nickel electrolyte. It is found that increasing the concentration of nanoparticles in suspension wear-bone composite electrochemical coating initially increases 2-3 times in proportion to the concentration, reaches a maximum and then gradually decreases slightly. Experimental results on-destined by the model of dispersion hardening. Lower values obtained for the wear resistance of the CEP nor the CNT-nikcel matrix associated with the geometry of the dispersed particles of carbon nanomaterials

Key words: composite electrochemical coatings, nickel matrix nanomaterial carbon, carbon nanotubes, ultra diamonds, suspensions of carbon nanomaterials, wear, wear-bone, dispersion strengthening