

ВЕСЦІ

НАЦЫЯНАЛЬНАЯ
АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

СЕРЫЯ ФІЗІКА-ТЭХНІЧНЫХ НАВУК 2015 № 4

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК 2015 № 4

ЗАСНАВАЛЬНІК – НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

Часопіс выдаецца са студзеня 1956 г.

Выходзіць чатыры разы ў год

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Есьман Р. И., Марукович Е. И. Исследование термонапряженного состояния металлических литейных форм	5
Евтухова Т. Е., Романенков В. Е., Клевченя Д. И., Афанасьева Н. А., Тихов С. Ф., Петюшик Е. Е., Пинчук Т. И. Пористый композит для гетерогенного катализа	11
Комаров О. С., Волосатиков В. И., Проворова И. Б., Комарова Т. Д., Розенберг Е. В. Технология получения ультрадисперсных порошков гидроксида алюминия золь-гель-методом	16
Кабишов С. М., Трусова И. А., Ратников П. Э. Анализ влияния технологических параметров на процесс формирования зоны столбчатых дендритов в непрерывнолитой заготовке	22
Зубко В. И., Зубко Д. В., Сицко Г. Н. Диэлькометрический метод контроля и диагностики электрических свойств полимерных материалов электротехнического назначения	28
Сенють В. Т. Спекание сверхтвердых композиционных материалов на основе микро- и субмикроросков кубического нитрида бора и наноструктурных нитридов титана и алюминия	35

МАШИНОСТРОЕНИЕ, МЕХАНИКА

Прушак В. Я. Закономерности взаимного влияния горных выработок на глубоких горизонтах Старобинского месторождения калийных солей	41
Швед О. Л. Критерий разрушения в модели моноклинного упругопластического материала	46

Кравчук А. С., Кравчук А. И., Кочик Е. В., Тарасюк И. А. Устойчивость композиционных призматических центрально-сжатых стержней прямоугольного поперечного сечения	54
Китун А. В. Определение пропускной способности горизонтально расположенного решета дробилки зернофуража	61

ЭНЕРГЕТИКА, ТЕПЛО- И МАССООБМЕН

Кравченко В. Ф., Кривенко Е. В., Левченко С. А., Луценко В. И., Плюта С. В. Применение технологий smart-грид для устойчивого развития и модернизации систем водоснабжения	67
Лаптёнок С. А., Мехдизадех Муждехи А., Бубнов В. П. Использование комбинированных пространственных моделей для оценки воздействия на окружающую среду объектов энергетики Исламской Республики Иран	80

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Цветков В. Ю. Геометрические модели и прогнозирование многокурсных изображений на основе компенсации движения камеры	85
---	----

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Мохаммед Салем А. А., Кужель Н. С., Маханёк А. А., Чижик С. А. Структурно-механические свойства тромбоцитов при измерениях на воздухе методом атомно-силовой спектроскопии	94
Габец С. А., Седышев С. Ю. Адаптивное к корреляционным характеристикам отраженного сигнала устройство между периодной обработки	100
Грабчиков С. С., Труханов А. В., Солобай А. А., Ерофеев В. Т., Василенков Н. А. Эффективность магнитостатического экранирования цилиндрическими оболочками	107

ДИАГНОСТИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

Каштальян И. А., Шелег В. К., Орукари Б. Дискретное управление процессами резания на токарных станках с числовым программным управлением	115
---	-----

УЧЕНЫЕ БЕЛАРУСИ

Памяти академика НАН Беларуси Станислава Александровича Астапчика	127
--	-----

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ 2015 № 4

Серия физико-технических наук

На русском и белорусском языках

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 391 от 18.05.2009

Компьютерная верстка Н. И. К а ш у б а

Здадзена ў набор 02.12.2015. Падпісана да друку 24.12.2015. Выхад у свет 29.12.2015. Фармат 60 × 84¹/₈. Папера афсетная. Друк лічбавы. Ум. друк. арк. 14,88. Ул.-выд. арк. 16,4. Тыраж 86 экз. Заказ 252.
Кошт нумару: індывідуальная падпіска – 70 150 руб.; ведамасная падпіска – 169 991 руб.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Выдавецкі дом «Беларуская навука». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/18 ад 02.08.2013.
ЛП 02330/455 ад 30.12.2013. Вул. Ф. Скарыны, 40, 220141, г. Мінск.

© Выдавецкі дом «Беларуская навука»
Весці НАН Беларусі, серыя фізіка-тэхнічных навук, 2015

PROCEEDINGS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

PHYSICO-TECHNICAL SERIES 2015 N 4

FOUNDED BY THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

The Journal has been published since January 1956

Issued four times a year

CONTENTS

MATERIALS ENGINEERING, METALLURGY

Esman P. I., Marukovich E. I. Investigation of heat-stress state of metallic casing moulds	5
Yautukhova T. Ya., Romanenkov V. Ye., Klevchenya D. I., Afanasyeva N. A., Tikhov S. F., Piatsiushyk Y. Y., Pinchuk T. I. Porous composite for heterogeneous catalysis	11
Komarov O. S., Volosatikov V. I., Provorova I. B., Komarova T. D., Rozenberg E. V. A technology of producing ultrafine powders of aluminium hydroxide with sol-gel method	16
Kabishov S. M., Trusova I. A., Ratnikov P. Je. Analysis of technological parameters influence on the process of forming of a zone of columnar dendrites in continuous casting	22
Zubko V. I., Zubko D. V., Sitsko G. N. Dielectric method of monitoring and diagnosing of electrical properties of polymeric materials for electrical purposes	28
Senyut V. T. Sintering of superhard composite materials based on micro- and submicron powders of cubic boron nitride and nanostructured nitrides of titanium and aluminum	35

MECHANICAL ENGINEERING AND MECHANICS

Prushak V. Ya. Regularities of mutual influence of mine workings at deep horizons of the Starobin deposit of potash salts	41
Shved O. L. Failure criterion in the model of monoclinic elastic-plastic material	46
Kravchuk A. S., Kravchuk A. I., Kochyk Y. V., Tarasyuk I. A. Stability of composite prismatic rod of rectangular cross-section at central compression	54
Kitun A. V. Determination of capacity of a horizontal arrangement of a sieve grain forage crusher	61

POWER ENGINEERING, HEAT AND MASS TRANSFER

Kravchenko V. F., Krivenko O. V., Levchenko S. A., Lutsenko V. I., Pluyta S. V. Smart grid technologies application for sustainable development and modernisation of water supply systems	67
Laptyonok S. A., Mehdizadeh Muzhdehi A., Bubnov V. P. Application of combined spatial models for estimation of environmental impact by the power engineering objects of Islamic Republic of Iran	80

INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

Tsviatkou V. Yu. Geometric models and prediction of multi-angle images based on a camera motion compensation	85
---	----

RADIOELECTRONICS AND INSTRUMENT-MAKING

Mohammed Salem A. A., Kuzhel N. S., Makhaniok A. A., Chizhik S. A. Structural and mechanical properties of platelets measurements on air by force spectroscopy	94
Gabets S. A., Sedushev S. U. A radar-tracking receiver, adaptive to correlative characteristics of returning echo	100
Grabchikov S. S., Trukhaov A. V., Solobai A. A., Erofeenko V. T., Vasilenkov N. A. Effectiveness of magnetostatic shielding by cylindrical shells	107

DIAGNOSTICS AND SAFETY OF TECHNICAL AND ENVIRONMENT SYSTEMS

Kashtalyan L. A., Sheleh V. K., Orukari B. Discrete control of cutting processes on numerically-controlled cutting machines.	115
--	-----

SCIENTISTS OF BELARUS

To the memory of Stanislav Aleksandrovich Astapchik, academician of NAS of Belarus	127
--	-----

УДК 621.1

Р. И. ЕСЬМАН, Е. И. МАРУКОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: pte_bntu@mail.ru*

Разработаны расчетные методы исследования теплообмена при взаимодействии заготовки и металлической формы. Получено численное решение задачи нестационарных температурных полей и температурных напряжений в форме в процессе термомеханического взаимодействия.

Ключевые слова: теплообмен, металлическая форма, взаимодействие, температурное поле, температурные напряжения, охлаждение, затвердевание, теплофизические свойства, термоупругость, термическое сопротивление формы.

P. I. ESMAN, E. I. MARUKOVICH

INVESTIGATION OF HEAT-STRESS STATE OF METALLIC CASING MOULDS

*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,
e-mail: pte_bntu@mail.ru*

Calculation methods for investigation of heat exchange at interaction of a billet and a metallic mould are developed. A numeric solution for the problem of non-stationary heat fields and heat stresses in a mould during thermal-deformation interaction is obtained.

Keywords: heat exchange, metallic mould, interaction, heat field, heat stresses, cooling, solidification, heat-physical properties, heat-elasticity, heat resistance of a mould.

УДК 621.762:544.47

*Т. Е. ЕВТУХОВА¹, В. Е. РОМАНЕНКОВ¹, Д. И. КЛЕВЧЕНЯ¹, Н. А. АФАНАСЬЕВА¹,
С. Ф. ТИХОВ², Е. Е. ПЕТЮШИК³, Т. И. ПИНЧУК³*

ПОРИСТЫЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

¹*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: rom52@mail.ru,*

²*Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия,
e-mail: tikhov@catalysis.ru,*

³*Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: pet65@bk.ru*

Методом количественного стереологического анализа исследовано влияние длительности процесса механического активирования на морфологию и дисперсность частиц композитного порошка состава Cu–13 мас.% Al. Установлено, что интенсивное механическое разрушение частиц и увеличение дисперсности порошка непосредственно связано с формированием хрупкого интерметаллида Cu₉Al₄. Исследованы гидравлические характеристики пористых элементов для каталитических мембран, полученных методом гидратационного твердения композитного порошка Cu–13 мас.% Al в виде слоя толщиной 80–100 мкм на пористых титановых дисках. Установлено, что средний размер пор и коэффициент проницаемости немономонно зависят от размера частиц порошка.

Ключевые слова: механохимическая активация, дисперсность, пористый композит.

T. Y. YAUTUKHOVA¹, V. Ye. ROMAMENKOV¹, D. I. KLEVCHENYA¹, N. A. AFANASYEVA¹, S. F. TIKHOV²,
Y. Y. PIATSIUSHYK³, T. I. PINCHUK³

POROUS COMPOSITE FOR HETEROGENEOUS CATALYSIS

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,

e-mail: rom52@mail.ru,

²Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Russa,

e-mail: tikhov@catalysis.ru,

³Powder Metallurgy Institute of NAS the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,

e-mail: pet65@bk.ru

A effect of the duration of mechanochemical activation process on morphology and particle size distribution of composite powder Cu–13 mass% Al has been investigated by quantitative stereological analysis. It has been found that intensive mechanical failure of particles and increased powder dispersion is directly related to the formation of brittle Cu₉Al₄ intermetallic. Hydraulic characteristics of porous elements for catalytic membranes obtained by hydration hardening of composite powder Cu–13 mass% Al in the form of an 80–100 μm thick layer on porous titanium discs have been investigated. It was established that the average pore size and permeability coefficient nonmonotonically depend on the particle size of the powder.

Keywords: mechanochemical activation, particle size, porous composite.

УДК 621,794

*О. С. КОМАРОВ¹, В. И. ВОЛОСАТИКОВ², И. Б. ПРОВОРОВА¹,
Т. Д. КОМАРОВА¹, Е. В. РОЗЕНБЕРГ¹*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ-МЕТОДОМ

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,

²Министерство образования Республики Беларусь, Минск, Беларусь,

e-mail: komarov_metolit@tut.by

Проведен анализ сырьевой базы для производства ультрадисперсных порошков Al(OH)₃. Установлено, что наиболее доступным является метод осаждения кристаллов из пересыщенного раствора, образующегося при переработке никель- и молибденсодержащих отработанных катализаторов. Исследовано влияние технологических параметров процесса осаждения на кинетику выделения кристаллов и их дисперсность.

Ключевые слова: гидроксид алюминия, отработанные катализаторы, алюминат натрия, осаждение, продувка, температура, механическое перемешивание.

*O. S. KOMAROV¹, V. I. VOLOSATIKOV²,
I. B. PROVOROVA¹, T. D. KOMAROVA¹, E. V. ROSENBERG¹*

A TECHNOLOGY OF PRODUCING ULTRAFINE POWDERS OF ALUMINIUM HYDROXIDE SOL-GEL METHOD

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,

²Ministry of Education of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus,

e-mail: komarov_metolit@tut.by

An analysis of raw materials for the production of ultrafine powders of Al(OH)₃ is conducted. It is established that the most affordable is the method of deposition of crystals from the supersaturated solution resulting from the processing of nickel- and molybdenum-containing spent catalysts. The influence of technological parameters of the deposition process on the kinetics of release of the crystals and their dispersion is investigated.

Keywords: aluminum hydroxide, spent catalysts, sodium aluminate, precipitation, purge, temperature, mechanical mixing.

С. М. КАБИШОВ, И. А. ТРУСОВА, П. Э. РАТНИКОВ

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНЫ СТОЛБЧАТЫХ ДЕНДРИТОВ
В НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКЕ**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: boxsmk@gmail.com*

Выполнена теоретическая оценка условий формирования столбчатых дендритов в непрерывнолитой заготовке. Установлена взаимосвязь между формой дендрита и параметрами внешнего охлаждения и интенсивностью циркуляции расплава вблизи фронта кристаллизации. Определены наиболее эффективные методы воздействия, обеспечивающие улучшение макроструктуры заготовки.

Ключевые слова: фронт кристаллизации, расплав, двухфазная зона, кластер, дендрит, структура, интенсивность теплообмена.

S. M. KABISHOV, I. A. TRUSOVA, P. Je. RATNIKOV

**ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS INFLUENCE ON THE PROCESS OF FORMING
OF A ZONE OF COLUMNAR DENDRITES IN CONTINUOUS CASTING**

*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,
e-mail: boxsmk@gmail.com*

A theoretical assessment of the conditions of formation of columnar dendrites in continuous casting is made. A relationship between a shape of dendrite and parameters of external cooling and intensity of circulation of melt near the crystallization front is established. The most effective methods of influence that improve the macrostructure of the workpiece are defined.

Keywords: crystallization front, melt, two-phase zone, cluster, dendrite structure, the intensity of the cooling.

В. И. ЗУБКО, Д. В. ЗУБКО, Г. Н. СИЦКО

**ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ
И ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: Zubko@bsu.by*

Целью данной статьи является разработка диэлькометрического метода и методики для контроля и диагностики электрических свойств полимерных композитов. Исследование электрических свойств композитов в зависимости от содержания и типа наполнителя проведено в диапазоне частот электрического поля 50 Гц – 1 МГц.

Ключевые слова: ВПЭ – вторичный полиэтилен, ПР – порошкообразная резина, ПГРС – композитный порошок, ПУВ – порошкообразное углеродное волокно, ПЭМ – порошкообразная электролитическая медь.

V. I. ZUBKO, D. V. ZUBKO, G. N. SITSKO

**DIELCOMETRIC METHOD OF MONITORING AND DIAGNOSING OF ELECTRICAL PROPERTIES
OF POLYMERIC MATERIALS FOR ELECTRICAL PURPOSES**

*Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail:
Zubko@bsu.by*

A dielcometric methods and techniques for monitoring and diagnosis of the electrical properties of polymer composites are developed. The electrical properties of the composites according to the content and type of filler is conducted in the frequency range of the electric field of 50 Hz–1 MHz.

Keywords: SPE – a secondary polyethylene, PR – powdery rubber, PGRS is composite powder, PCF – powdery carbon fiber, PEC – powdery electrolytic copper.

В. Т. СЕНЮТЬ

**СПЕКАНИЕ СВЕРХТВЕРДЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ МИКРО- И СУБМИКРОПОРОШКОВ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА
И НАНОСТРУКТУРНЫХ НИТРИДОВ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ**

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: vsenyut@tut.by*

Рассмотрены сверхтвердые композиционные материалы на основе микро- и субмикророшков кубического нитрида бора и наноструктурных тугоплавких нитридов титана, алюминия и карбонитрида титана, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Изучены некоторые физико-механические и эксплуатационные характеристики композитов в зависимости от их состава и технологических режимов спекания под высоким давлением.

Ключевые слова: сверхтвердые композиционные материалы, кубический нитрид бора, наноструктурные нитриды титана и алюминия.

V. T. SENYUT

**SINTERING OF SUPERHARD COMPOSITE MATERIALS BASED ON MICRO- AND SUBMICRON POWDERS
OF CUBIC BORON NITRIDE AND NANOSTRUCTURED NITRIDES OF TITANIUM AND ALUMINUM**

*The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: vsenyut@tut.by*

Superhard composite materials on the basis of micro- and submicron powders of cubic boron nitride and nanostructured refractory nitrides of titanium, aluminum and titanium carbonitride obtained by the method of self-propagating high temperature synthesis are considered. Some physical, mechanical and operating parameters of the composites depending on their composition and technological modes of sintering under high pressure are studied.

Keywords: superhard composite materials, cubic boron nitride, nanostructured nitrides of titanium and aluminum.

В. Я. ПРУШАК

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством»,
Солигорск, Беларусь, e-mail: ipr@sipr.by*

Представлены результаты исследования взаимного влияния горных выработок Старобинского месторождения калийных солей на глубинах свыше 700 м. Установлено, что с увеличением глубины размер зоны взаимного влияния выработок возрастает. Расчет взаимовлияния выработок на больших глубинах предлагается выполнять по известной методике с предлагаемой поправкой величины эквивалентного пролета.

Ключевые слова: горные выработки, прочность пород, кровля, пролет, деформация, массив, замерная станция.

V. Ya. PRUSHAK

**REGULARITIES OF MUTUAL INFLUENCE OF MINE WORKINGS AT DEEP HORIZONS
OF THE STAROBIN DEPOSIT OF POTASH SALTS**

*Closed Joint Stock Company "Soligorsk Institute for Problems of Resource's Saving
with Experienced Production", Soligorsk, Belarus, e-mail: ipr@sipr.by*

Research results of mutual influence of mining workings of the Starobin deposit of potash salts at depths of over 700 m are presented. It is established that the size of zone of influence of excavations on each other rises with increasing depth. The calculation of workings interaction at great depths is considered to be performed using well-known methods with the proposed correction of size of the equivalent drift.

Keywords: mine working, the strength of the rocks, roof, width, deformation, rock mass, measuring station.

О. Л. ШВЕД

КРИТЕРИЙ РАЗРУШЕНИЯ В МОДЕЛИ МОНОКЛИННОГО УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: swed@newman.bas-net.by*

Конкретизированы полученные ранее определяющие соотношения упругопластичности для моноклинного материала. Рассмотрен критерий разрушения и предложена процедура его проверки. Выполнено численное моделирование процесса простого сдвига, проведенного до момента разрушения.

Ключевые слова: упругопластичность, моноклинный материал, критерий разрушения, численное моделирование, простой сдвиг.

O. L. SHVED

FAILURE CRITERION IN THE MODEL OF MONOCLINIC ELASTIC-PLASTIC MATERIAL

*United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: swed@newman.bas-net.by*

The previously obtained defining relations for monoclinic elastic-plastic material are specified. The criterion of destruction is considered and procedure of its verification is offered. The numerical simulation of simple shear, conducted before the destruction is made.

Keywords: elastic-plastic, monoclinic material, failure criterion, numeral design, simple change.

А. С. КРАВЧУК¹, А. И. КРАВЧУК¹, Е. В. КОЧИК², И. А. ТАРАСЮК³

УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

¹*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: ask_Belarus@inbox.ru,*

²*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: zhenjatomilo@gmail.com,*

³*Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

Актуальность настоящего исследования состоит не только в том, что данные задачи не решены для композиционных тел, но и в том, что, к сожалению, несмотря на большой интерес к решению данного типа задач, до настоящего времени остались методические неточности их решения. Исследования, проведенные в данной статье, позволили сделать заключение, что общеизвестному уравнению потери устойчивости соответствуют только две схемы закрепления концов центрально-сжатого вдоль оси Ox стержня: двумя закрепленными по оси Oy концами, а также верхним закрепленным (конец приложения силы) и нижним свободно перемещающимся концом с дополнительным условием равенства нулю производной уравнения изогнутого нейтрального слоя в нижней точке.

Известное уравнение устойчивости по Эйлеру не может быть использовано для решения задач устойчивости с нижним «зашемленным», и верхним (конец приложения силы) свободным концами. Применяемое во многих работах повышение порядка дифференциального уравнения для обоснования иных схем закрепления не имеет никакого математического обоснования.

Получено выражение для первой критической силы в зависимости от концентрации компонент в композиционном материале. Получено решение задачи устойчивости для однородно стареющего вязкоупругого материала. Определено уравнение релаксации первой критической нагрузки. Данное решение обобщено на композиционный неоднородный материал, состоящий из однородно стареющих вязкоупругих материалов.

Ключевые слова: устойчивость стержней, вязкоупругие свойства твердых тел, композиционные тела, приближение Хилла кривизны композиционного стержня, эффективные деформационные и реологические свойства композиционного стержня.

A. S. KRAVCHUK¹, A. I. KRAVCHUK¹, Y. V. KOCHYK², I. A. TARASYUK³

STABILITY OF COMPOSITE PRISMATIC ROD OF RECTANGULAR CROSS-SECTION AT CENTRAL COMPRESSION

¹Belarusian State University, Minsk, Belarus,
e-mail: ask_Belarus@inbox.ru,

²Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,
e-mail: zhenjatomilo@gmail.com,

³Physico-Technical Institute of the National Academy of Sciences, Minsk, Belarus

Actuality of this study is not only in the fact that these problems are not solved for composite rods, but also in the fact that, unfortunately, despite of the huge interest in solving this problems it was still remained methodological inaccuracies in their solutions. Studies carried out led to the conclusion that the known equation of the losses of stability corresponds to only two schemes of constraints of ends of centrally compressed along the Ox axis rod: two fixed-ends in Oy direction, as well as fixation in Oy direction of the top end (it means the rod end of application of the force) and fixation in Oy direction of derivative of the equation of neutral layer of rod at the bottom end.

The equation of Euler stability cannot be used to solve the problems of stability with the lower “clamped” and the free top ends. Applied in many papers increasing of order of differential equation for study of other schemes of fixation of rod ends has no mathematical justification.

An equation for definition of the value of the first critical force was obtained depending on the concentration of the components in the composite material. The solution to the problem of stability for uniform aging viscoelastic material of rod was hold. The relaxation equation of the first critical load was defined. This solution is generalized to inhomogeneous composite material which consists of homogeneously aging viscoelastic components.

УДК 631.363.7

A. B. КИТУН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОГО РЕШЕТА ДРОБИЛКИ ЗЕРНОФУРАЖА

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: anton.kitun@mail.ru

В статье рассматривается вопрос определения пропускной способности решета при измельчении зерновых кормов в измельчителе с горизонтально расположенным решетом. Показано, что для организации последовательного дробления зернофуража в вертикальном потоке предпочтительно комплектовать дробилку из двух ярусов решёт. Диаметр отверстий в поярусно установленных решётах должен изменяться от большего значения в верхнем решете до меньшей величины в нижнем решете.

Ключевые слова: решето, измельчение, зерно, измельчитель.

A. V. KITUN

DETERMINATION OF CAPACITY OF A HORIZONTAL ARRANGEMENT OF A SIEVE GRAIN FORAGE CRUSHER

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus,
e-mail: anton.kitun@mail.ru

The article deals with the question of determining the capacity of sieve during grinding of grain feed in the grinder with a horizontal position lo-sieve. It is shown that the organization of successive crushing grain forage in a vertical flow is preferred to complete the crusher of the two tiers of sieves. The diameter of the holes in the tiered set sieves should change from large – on the upper sieve, to a smaller – in the bottom.

Keywords: sieve, grinding, grain grinder.

*В. Ф. КРАВЧЕНКО¹, Е. В. КРИВЕНКО², С. А. ЛЕВЧЕНКО³,
В. И. ЛУЦЕНКО², С. В. ПЛЮТА³*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СМАРТ-ГРИД ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*¹Институт радиотехники и электроники РАН, Москва, Россия,
e-mail: kvf-ok@mail.ru,*

*²Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков, Украина,
e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua,*

*³Институт тепло и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: lev@hmti.ac.by*

Данная статья посвящена применению современных интеллектуальных технологий для модернизации и развития систем водоснабжения. Разработана математическая модель анализа и управления такими сетями, основанная на математике нечетких множеств и технологий смарт-грид. Описаны макет датчиков и методы измерений датчиками качества воды.

Ключевые слова: технологии смарт-грид, нечеткая логика, облачные вычисления, нестационарное уравнение диффузии.

*V. F. KRAVCHENKO¹, O. V. KRIVENKO², S. A. LEVCHENKO³,
V. I. LUTSENKO², S. V. PLUYTA³*

SMART GRID TECHNOLOGIES APPLICATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND MODERNISATION OF WATER SUPPLY SYSTEMS

¹Institute of radiotechnics and electronics RAS, Moscow, Russia, e-mail: kvf-ok@mail.ru,

*²O. Ya. Usikov Institute for radiophysics and electronics NAS Ukraine, Kharkov, Ukraine,
e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua,*

*³A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: lev@hmti.ac.by*

This article is devoted to application of modern intellectual technologies for modernization and development of water supply systems. A mathematical model of the analysis and management of such networks based on fuzzy mathematics and smart grid technologies is developed. The layout of sensors and methods of measurements by sensors of quality of water are described.

Keywords: smart grid technology, fuzzy logic, cloud computing, non-stationary diffusion equation.

С. А. ЛАПТЁНОК¹, МЕХДИЗАДЕХ МУЖДЕХИ А.¹, В. П. БУБНОВ²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ИСЛАМСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ИРАН

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: 267413@mail.ru,

*²Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров
в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ», Минск, Беларусь,
e-mail: vladilen3324@yandex.ru*

Изложена методика создания комбинированных пространственных моделей с применением технологии географических информационных систем для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых, строящихся и действующих объектов энергетики.

Представлены пространственные модели для объектов энергетики Исламской Республики Иран.

Ключевые слова: объекты энергетики, Исламская Республика Иран, оценка воздействия на окружающую среду, комбинированные пространственные модели; геоинформационные технологии.

S. A. LAPTYONOK, MEHDIZADEH MUZHDEHI A., V. P. BUBNOV

**APPLICATION OF COMBINED SPATIAL MODELS FOR ESTIMATION
OF ENVIRONMENTAL IMPACT BY THE POWER ENGINEERING OBJECTS
OF ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN**

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: 267413@mail.ru,

²Gas-Institute, the state Institute of Retraining and Professional Development of gas-service staff, Minsk, Belarus,
e-mail: vladilen3324@yandex.ru

The method of combined space modelling with GIS-technology using for the estimation of environmental effects of energy objects in project, build and work was proposed. The space models for Islamic Republic of Iran energy objects presented.

Keywords: energy objects, Islamic Republic of Iran, estimation, of environmental effects, combined space models, GIS-technologies.

УДК 621.391.25

В. Ю. ЦВЕТКОВ

**ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МНОГОРАКУРСНЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСАЦИИ ДВИЖЕНИЯ КАМЕРЫ**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь,
e-mail: vtsvet@bsuir.by*

Предложены геометрические модели формирования и прогнозирования многокурсовых изображений. На основе данных моделей для различных методов компенсации движения определены зависимости коэффициента сжатия от условий формирования многокурсовых изображений и траектории перемещения камеры. Разработаны алгоритмы кодирования многокурсовых изображений с адаптивным прогнозированием на основе компенсации движения с различной вычислительной сложностью. Произведена оценка эффективности кодировщиков многокурсовых изображений с адаптивным прогнозированием.

Ключевые слова: компенсация движения, прогнозирование изображений, многокурсовые изображения, кодирование изображений, модели изображений.

V. Yu. TSVIATKOU

**GEOMETRIC MODELS AND PREDICTION OF MULTI-ANGLE IMAGES
BASED ON A CAMERA MOTION COMPENSATION**

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus,
e-mail: vtsvet@bsuir.by*

Geometrical models of formation and prediction of multi-angle images are proposed. On the basis of these models for different methods of motion compensation the dependences of the compression ratio from the conditions of the forming of the multi-angle images and from the path of the camera moving are defined. Algorithms for coding of the multi-angle images with adaptive prediction based on motion compensation with different computational complexity are developed. An assessment of the effectiveness of multi-angle image encoders with adaptive prediction is produced.

Keywords: motion compensation, image prediction, multi-angle images, image encoding, image models.

УДК 576.6:612.017.1:576.3:53.088.3

МОХАММЕД САЛЕМ А. А.¹, Н. С. КУЖЕЛЬ², А. А. МАХАНЁК², С. А. ЧИЖИК²

**СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРОМБОЦИТОВ
ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ НА ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ СИЛОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: salimalkobati11@mail.ru,

²Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Результаты исследования механических свойств клеток существенно зависят от методики их подготовки и условий проведения измерений для определения этих свойств. Модуль упругости вычисляется в результате обработки данных индентирования с использованием наиболее подходящей математической модели. Чаще всего применяется модель Герца. В данной работе представлены результаты исследований упругих свойств мембран, предварительно фиксированных глутаровым альдегидом и высушенных на воздухе тромбоцитов здоровых молодых людей. Модули упругости определяли на основе кривых наноиндентирования, полученных методом атомно-силовой спектроскопии. Анализ результатов измерений проводили как с применением модели Герца, так и с учетом сил адгезии согласно модели Джонсона–Кенделла–Робертса (ДКР). Определены средние значения модулей упругости и поверхностной плотности адгезионной энергии и построены гистограммы частот распределений модулей упругости разной величины.

Ключевые слова: атомно-силовая спектроскопия, модуль упругости, модель ДКР, адгезия, тромбоциты.

MOHAMMED SALEM A. A.¹, N. S. KUZHEL², A. A. MAKHANIOK², S. A. CHIZHIK²

**STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLATELETS
MEASUREMENTS ON AIR BY FORCE SPECTROSCOPY**

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,
e-mail: salimalkobati11@mail.ru,

²A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Results of study of mechanical properties of cells depend essentially on a method of their preparation and measurement conditions for determining these properties. Determination of modulus of elasticity is performed by processing the data of indentation using the most suitable mathematical model. The most frequently used model is the one by Hertz. The paper presents the results of investigations of the elastic properties of the pre-fixed with glutaraldehyde, and air-dried platelets of healthy young people. The elastic moduli were determined by nanoindentation curves obtained by atomic force spectroscopy. Analysis of the results of measurements carried out both with Hertz model and taking into account the adhesion forces according to the model of Johnson–Kendall–Roberts (JKR) is made. Determined average values of elastic modulus and surface density of adhesion energy and histograms showing frequency distributions of the moduli of elasticity of different values are presented.

Keywords: atomic force spectroscopy, elasticity modulus, model JKR, adhesion, platelets.

УДК 621.396.96

С. А. ГАБЕЦ, С. Ю. СЕДЫШЕВ

**АДАПТИВНОЕ К КОРРЕЛЯЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
ОТРАЖЕННОГО СИГНАЛА УСТРОЙСТВО МЕЖДУПЕРИОДНОЙ ОБРАБОТКИ**

Военная академия Республики Беларусь, Минск, Беларусь, e-mail: s_a_box@mail.ru

Представлены структура и алгоритм работы адаптивного тракта междупериодной обработки. Проведен сравнительный анализ эффективности согласованного, несогласованного и адаптивного тракта междупериодной обработки радиолокационного приемника методом математического моделирования.

Ключевые слова: радиолокационный приемник, отраженный сигнал, когерентное накопление сигнала, адаптивный решетчатый фильтр, характеристики обнаружения.

S. A. GABETS, S. U. SEDUSHEV

**A RADAR-TRACKING RECEIVER, ADAPTIVE TO CORRELATIVE CHARACTERISTICS
OF RETURNING ECHO**

*Military academy of Republic of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: s_a_box@mail.ru*

A structure and algorithm of work of an adaptive path processing are presented. The comparative analysis of efficiency coordinated, not coordinated and adaptive path processing of the radar-tracking receiver by a method of mathematical modeling is carried out.

Keywords: radar-tracking receiver, reflected signal, coherent accumulation of a signal, adaptive lattice filter, detection characteristics.

С. С. ГРАБЧИКОВ¹, А. В. ТРУХАНОВ¹, А. А. СОЛОБАЙ¹, В. Т. ЕРОФЕЕНКО²,
Н. А. ВАСИЛЕНКОВ³

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ОБОЛОЧКАМИ

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению», Минск, Беларусь,
e-mail: solobai@physics.by,

²Учреждение БГУ НИИ ППМ, Минск, Беларусь, e-mail: bsu_erofeenko@tut.by,

³ЗАО «ТЕСТПРИБОР», Москва, Россия, e-mail: tp@test-expert.ru

В результате проведенных исследований и расчетов показано, что зависимости эффективности экранирования от напряженности магнитного поля в экранах с разной толщиной имеют максимумы, положения которых смещаются с ростом толщины экранирующего покрытия в область больших полей. Положения максимумов на кривых зависимостей $\mathcal{E} = \mathcal{E}(H)$ и $\mu = \mu(H)$ не совпадают друг с другом, что сложно интерпретировать в рамках модели шунтирования. Полученные результаты объяснены нелинейным характером распределения магнитной проницаемости по толщине экрана. Проведены аналитические расчеты усредненной магнитной проницаемости конечных цилиндрических оболочек различной толщины в зависимости от напряженности внешнего статического магнитного поля. Ход экспериментальных $\mathcal{E} = \mathcal{E}(H)$ и рассчитанных $\mu_0 = \mu_0(H)$ зависимостей, показывает, что положения максимумов коррелируют между собой.

Ключевые слова: магнитостатическое экранирование, магнитные сплавы, эффективность экранирования, магнитная проницаемость

S. S. GRABCHIKOV¹, A. V. TRUKHANOV¹, A. A. SOLOBAI¹, V. T. EROFEENKO², N. A. VASILENKOV³

EFFECTIVENESS OF MAGNETOSTATIC SHIELDING BY CYLINDRICAL SHELLS

¹Scientific and practical materials research centre of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: solobai@physics.by,

²BSU Institution "Scientific Research Institute of Applied Problems of Mathematics and Informatics", Minsk, Belarus,
e-mail: bsu_erofeenko@tut.by,

³CJSC "TESTPRIBOR", Moscow, Russia, e-mail: tp@test-expert.ru

Research and calculations results have been demonstrated that the dependence of the efficiency of magnetostatic shielding for shells with different thickness have a maximum whose position shifts with increasing thickness of the shielding cover in the area of higher fields. Positions of the peaks on the curve $\mathcal{E} = \mathcal{E}(H)$ and $\mu = \mu(H)$ do not coincide with each other. It is difficult to interpret in terms of the shunting model. The results can be explained by nonlinear nature of the distribution of the magnetic permeability within the thickness of the shields. The analytical calculations of the average permeability of cylindrical shells with varying thickness were carrying out depending on the strength of the external static magnetic field. It is shown that the courses of the experimental $\mathcal{E} = \mathcal{E}(H)$ and calculated $\mu_0 = \mu_0(H)$ dependencies correlate with position of maximum.

Keywords: magnetostatic shielding, magnetic alloys, shielding effectiveness, magnetic permeability.

И. А. КАШТАЛЬЯН, В. К. ШЕЛЕГ, Б. ОРУКАРИ

ДИСКРЕТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РЕЗАНИЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: kashtt@yandex.ru

Рассмотрена задача повышения эффективности использования токарных станков с числовым программным управлением путем введения в процесс резания кинематической неустойчивости. Представлены математические модели и алгоритмы управления подачей и скоростью резания в функции пути.

Ключевые слова: числовое программное управление, математическая модель, алгоритм управления, нестационарный процесс, кинематика процесса резания, качество, точность.

I. A. KASHTALYAN, V. K. SYELEH, B. ORUKARI

**DISCRETE CONTROL OF CUTTING PROCESSES ON NUMERICALLY-CONTROLLED
CUTTING MACHINES**

*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,
e-mail: kashtt@yandex.ru*

The problem of numerically-controlled cutting machines efficiency increase by insertion of the kinematics instability in the cutting process is considered. Mathematical models of cutting speed and feed control in the function of path are presented.

Keywords: numerical program control, mathematical model, control algorithm, unstable process, cutting process kinematics, quality, accuracy.