

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра “Техническая физика и теоретическая механика”

# МЕХАНИКА. ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ

Международный сборник научных трудов

Выпуск 9

Под редакцией  
доктора технических наук, доцента *А. О. ШИМАНОВСКОГО*

Гомель 2016

В сборнике публикуются материалы, представленные на Международном семинаре преподавателей вузов по теоретической механике, состоявшемся в Белорусском государственном университете транспорта.

Для преподавателей вузов, ученых, занимающихся исследованиями в области механики. Может быть полезен аспирантам, студентам технических вузов, инженерно-техническим работникам.

### **Редакционная коллегия:**

*Шимановский А. О.* (главный редактор), доктор технических наук, доцент  
(Гомель, БелГУТ);

*Путятю А. В.* (зам. главного редактора), доктор технических наук, доцент  
(Гомель, БелГУТ);

*Черноус Д. А.* (отв. секретарь), кандидат технических наук, доцент  
(Гомель, БелГУТ);

*Богданович П. Н.*, доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

*Галай Э. И.*, доктор технических наук, доцент (Гомель, БелГУТ);

*Довгяло В. А.*, доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

*Леоненко Д. В.*, доктор физико-математических наук, доцент  
(Гомель, БелГУТ);

*Плескачевский Ю. М.*, доктор технических наук, член-корреспондент НАН  
Беларуси (Гомельское отделение НАН Беларуси);

*Сенько В. И.*, доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

*Сосновский Л. А.*, доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

*Старовойтов Э. И.*, доктор физико-математических наук, профессор  
(Гомель, БелГУТ);

*Халецки М.*, PhD (Польша, Варшава, SGGW);

*Шабловский О. Н.*, доктор физико-математических наук, профессор  
(Гомель, ГГТУ им. Сухого)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
<b>Научные публикации</b>	
<i>Poitseluev S. I.</i> Parametric instability of ferrofluid layer free surface in oscillating magnetic fields.....	6
<i>Аскарбеков Р. Н.</i> Испытания на кручение резинометаллических опор.....	13
<i>Балабанов В. А., Кизилова Н. Н.</i> Новый алгоритм построения оптимальных транспортных систем, заполняющих заданную область.....	18
<i>Бебия М. О.</i> Гашение колебаний грузов, соединенных нелинейной пружиной.....	27
<i>Желткович А. Е., Веремейчик А. И., Гарбачевский В. В.</i> Моделирование падения твердого тела с больших высот в гравитационном поле Земли с учетом сопротивления воздуха .....	33
<i>Застольский М. С., Пулято А. В., Пулято О. В.</i> Особенности конечноэлементного моделирования колеса маневрового тепловоза .....	39
<i>Кизилова Н. Н., Черевко В. А.</i> Моделирование ламинарного течения несмещающихся суспензий микро- и наночастиц в микроканалах .....	47
<i>Ковтун В. А., Пасовец В. Н., Плещачевский Ю. М., Миховски М.</i> Физико-механические характеристики порошковых нанонаполненных металлополимерных композитов, сформированных электроконтактным спеканием.....	54
<i>Коробов В. И., Ревина Т. В.</i> Управление движением материальной точки с учетом неизвестного трения .....	61
<i>Кузнецова М. Г.</i> Анализ подходов к моделированию колебаний ньютоновских и неньютоновских жидкостей в замкнутых резервуарах .....	67
<i>Леоненко Д. В.</i> Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании под действием импульсных нагрузок .....	78
<i>Локтионов А. В.</i> Теория расчета кинематических параметров режущего инструмента пространственных исполнительных механизмов.....	85
<i>Пигунов А. В., Афанасьев П. М., Шестаков С. В.</i> Усиление конструкции кузова вагона-хоппера для перевозки цемента .....	92
<i>Прибыток Д. Г.</i> Моделирование трёхмерного течения Стокса методом граничных элементов.....	99
<i>Скрежендевский В. В., Могила В. С.</i> Моделирование электромеханической системы в среде FEMM 42.....	105
<i>Смирнов Ю. П., Тарасов В. К.</i> Движение и равновесие точки на внутренней шероховатой поверхности вращающегося конуса .....	110
<i>Темиртасов О. Т., Абильмажинов Е. Т., Мансуров С. М., Турусбеков С. К., Турусбеков К. С.</i> Технология изготовления обечаек барабанов и роликкоопер конвейерных систем из листа .....	116
<i>Филиппова Е. Н., Кизилова Н. Н.</i> Отрицательное отражение волн как механизм увеличения проводимости разветвленных мягких волноводов.....	122

<i>Хвисевич В. М., Веремейчик А. И.</i> Граничные интегральные уравнения температурной и термоупругой задач в цилиндрических координатах .....	130
<i>Черноус Д. А.</i> Определение параметров вынужденных колебаний деталей машин на основе одномассовой модели, учитывающей вязкоупругие свойства материала .....	139

### **Учебно-методические публикации**

<i>Игнатюк В. И.</i> О создании учебных компьютерных программ для изучения методов механических расчетов сооружений .....	148
<i>Климовский Д. А., Скрыбин В. В., Орешков М. А.</i> Особенности выбора геометрических параметров желобчатой ленты актуатора .....	159
<i>Комнатный Д. В.</i> Материалы к практическим занятиям по разделу «Статика» для специальности «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» .....	162
<i>Назарова Л. П., Фалькова Е. В.</i> Проблемы реформирования подготовки инженеров .....	167
<i>Рощева Т. А., Мисюра Н. Е., Митюшов Е. А.</i> Реалии – модели – решение .....	171
<i>Тарасов В. К., Смирнов Ю. П.</i> О конечных поворотах твердого тела с неподвижной точкой .....	174
<i>Теселько А. И., Черноус Д. А.</i> Примеры использования электромеханической аналогии в теоретической механике .....	178
<i>Шевчугов В. О., Калинин Е. Ф.</i> Робот-андроид .....	187
<i>Шимановский А. О., Кракова И. Е.</i> О международных олимпиадах по теоретической механике 2014 и 2015 гг. ....	190
1 Условия задач теоретического конкурса (2014 г.) .....	192
2 Условия задач конкурса «Брейн-ринг» (2014 г.) .....	194
3 Решения задач теоретического конкурса 2014 г. ....	198
4 Ответы к задачам конкурса «Брейн-ринг» 2014 г. ....	206
5 Условия задач теоретического конкурса (2015 г.) .....	207
6 Условия задач конкурса «Брейн-ринг» (2015 г.) .....	209
7 Решения задач теоретического конкурса 2015 г. ....	214
8 Ответы к задачам конкурса «Брейн-ринг» 2015 г. ....	227
9 Результаты теоретических конкурсов (личный зачет) .....	228
10 Результаты теоретических конкурсов (командный зачет) .....	230
11 Руководители команд – участниц олимпиад .....	231
12 Команды, показавшие лучшие результаты в конкурсе «Брейн-ринг» .....	233
<b>Правила оформления статей</b> .....	234

*S. I. POTSELUIEV*

*V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine*

### **PARAMETRIC INSTABILITY OF FERROFLUID LAYER FREE SURFACE IN OSCILLATING MAGNETIC FIELDS**

The stability problem is investigated for ferrofluid layer of finite depth and random viscosity in magnetic field consisting of constant and oscillating parts. Using Floquet theory the problem is transformed to the equation for quadratic matrix pencil, determined by amplitude of parametric actions. Neutral stability curves for vertical and horizontal magnetic fields are determined and the difference between these excitation mechanisms of parametric instability is analyzed.

*С. И. ПОЦЕЛУЕВ*

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина*

### **ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЛОЯ НАМАГНИЧИВАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ В ОСЦИЛЛИРУЮЩИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ**

Исследуется задача устойчивости слоя намагничивающейся жидкости конечной толщины и произвольной вязкости в магнитном поле, которое состоит из постоянной и осциллирующей частей. В линейном приближении с использованием теории Флоке задача сведена к уравнению для квадратичного пучка матриц, где в качестве параметра выступает амплитуда периодического воздействия. Для случаев вертикального и горизонтального магнитных полей определены нейтральные кривые устойчивости и проанализированы отличия между этими механизмами возбуждения параметрической неустойчивости.

*P. H. АСКАРБЕКОВ*

*Кыргызский государственный технический университет, Бишкек, Кыргызстан*

### **ИСПЫТАНИЯ НА КРУЧЕНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР**

Выполнено экспериментальное исследование деформирования резинометаллических опор, которые предполагается использовать в сейсмозащитных устройствах зданий и сооружений. Получены зависимости крутящего момента и модуля сдвига от угла поворота торцевых сечений опоры при разном количестве ее внутренних металлических пластин.

*R. N. ASKARBEKOV*

*Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyzstan*

### **TORSIONAL DEFORMATION OF RUBBER-METAL SUPPORTS**

An experimental study of rubber-metal supports' deformation was carried out. These supports are supposed to be used in seismic-protection devices of buildings and structures. There were obtained the dependences of torque and shear modulus on the rotation angle of support end sections with different number of its internal metal plates.

*В. А. БАЛАБАНОВ, Н. Н. КИЗИЛОВА*

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина*

## **НОВЫЙ АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ, ЗАПОЛНЯЮЩИХ ЗАДАННУЮ ОБЛАСТЬ**

В работе предложен новый алгоритм построения разветвленных трубопроводов, обеспечивающих доставку жидкости от источника к распределенной системе потребителей. Геометрия трубопровода описывается в виде бинарного дерева, параметры которого – диаметры и углы ветвления в бифуркациях – соответствуют геометрии транспортных систем природы – системам кровеносных сосудов, дыхательных путей и других проводящих систем. Разработан алгоритм, позволяющий однозначно определять координаты узлов дерева, используя лишь зависимости между диаметрами и углами ветвления в бифуркациях. Показано, что в ходе реализации алгоритма генерируются системы, характеризующиеся корректными зависимостями длина – диаметр. Построенные структуры могут использоваться для моделирования ветвящихся систем, исследования их проводимости по отношению к стационарному, волновому или турбулентному течению жидкости, а также механической прочности.

*V. A. BALABANOV, N. N. KIZILOVA*

*V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine*

## **NOWEL ALGORITHM FOR GENERATION OF OPTIMAL TRANSPORTATION SYSTEMS FILLING THE VOLUME**

In the paper there is proposed a new algorithm for construction of the branched pipelines, ensuring the delivery of fluid from a source to a distributed system of consumers. The geometry of the pipeline is described as a binary tree. Its parameters (the diameters and branching angles in the bifurcations) correspond to geometry of the nature transport systems, i. e. blood vessels, airways, water delivery systems in plants, and other conductive systems. There was created an algorithm allowing to identify coordinates of the tree nodes uniquely using only the relationships between the diameters and branching angles in the bifurcations. It is shown that the systems generated after algorithm implementation are characterized by the correct length-diameter relationships. The generated structures can be used for the branching systems modeling, investigations of trees' penetrability compared to a stationary, wave or turbulent fluid flow, and mechanical strength as well.

*М. О. БЕБИЯ*

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина*

## **ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗОВ, СОЕДИНЕННЫХ НЕЛИНЕЙНОЙ ПРУЖИНОЙ**

В настоящей работе построен класс управлений, решающих задачу гашения колебаний грузов, соединенных нелинейной пружиной. Эти управления обеспечивают остановку колебаний грузов за конечное время. Решение задачи проводится на основе метода функции управляемости.

*М. О. БЕБИЯ*

*V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine*

## **OSCILLATIONS DAMPING OF LOADS CONNECTED BY NONLINEAR SPRING**

In the presented paper there was created a class of controls that solve the oscillation damping problem for nonlinear mass-spring model. These controls ensure the finite-time damping of oscillations. The solution is based on the controllability function method.

*А. Е. ЖЕЛТКОВИЧ, А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК, В. В. ГАРБАЧЕВСКИЙ*  
*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАДЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА  
С БОЛЬШИХ ВЫСОТ В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ  
С УЧЁТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА**

В работе получено численное решение системы трёх связанных линейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка, описывающих изменение траектории и скорости движения твердых тел в поле притяжения Земли в зависимости от влияния на относительное движение тела вращения Земли и сопротивления воздуха, изменяющегося по высоте (сопротивление учитывалось, начиная с границы стратосферы).

*A. E. ZHELTKOVICH, A. I. VEREMEICHIK, V. V. GARBACHEVSKY*  
*Brest State Technical University, Brest, Belarus*

**MODELLING OF THE RIGID BODY FALLING  
FROM A GREAT HEIGHT IN THE EARTH'S GRAVITATIONAL FIELD  
CONSIDERING AIR RESISTANCE**

In the paper there was obtained the numerical solution for a two coupled non-homogeneous linear second-order differential equations system describing the trajectory and velocity of the rigid bodies movement in the Earth's gravity field. There was considered the influence on the relative motion of the Earth's rotation and air resistance that varies for different heights (the resistance was taken into account from the stratosphere border).

*М. С. ЗАСТОЛЬСКИЙ, А. В. ПУТЯТО, О. В. ПУТЯТО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЛЕСА МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА**

Выполнен анализ эксплуатационных неисправностей колесных пар тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 в части образования трещин в центрах и бандажах, а также конструктивных особенностей тележек, который показал, что возможной причиной неисправностей являются особенности экипажной части тепловозов. Установлено, что для ряда случаев (различных кривых и профилей бандажей) имеет место невыполнение условий геометрического вписывания в кривые малого радиуса. Полученные результаты свидетельствуют о наличии дополнительных боковых нагрузок на объект исследования. Для оценки прочности колеса разработана его конечно-элементная модель в программном комплексе ANSYS. Приведены стадии и особенности формирования конечноэлементных моделей колесного центра и бандажа. Выполнен тестовый расчет напряженно-деформированного состояния колеса и обозначены пути дальнейшего решения поставленной задачи.

*M. S. ZASTOLSKI, A. V. PUTSIATA, V. V. PUTSIATA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **FEATURES OF THE SHUNTING LOCOMOTIVE WHEEL FINITE-ELEMENT MODELING**

The operational malfunctions analysis for the wheel pairs of ChME3 and TME1 diesel locomotives for the case of cracks formation in the centers and bandages. The similar analysis for car bogies was performed and it showed that the possible reason of the appearing malfunctions is the peculiarities of locomotive vehicle-part. It was established, that for a number of cases (for various curves and profiles of bandages) there is a nonperformance of geometrical entry in curves of small radius conditions. The received results demonstrate the presence of additional lateral loadings on the object of research. To estimate wheel strength there was created a finite-element model in ANSYS software complex. There are presented the formation stages and features of wheel center and bandage finite-element models. Test computation of the wheel stress-strain condition was executed and there were defined the ways of the further decision of the described problem.

*Н. Н. КИЗИЛОВА, В. А. ЧЕРЕВКО*

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ СУСПЕНЗИЙ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦ В МИКРОКАНАЛАХ**

Обсуждаются постановки задач о течении жидкостей в микро- и наноразмерных каналах с учетом проскальзывания на стенках за счет диффузионного отражения частиц на шероховатой стенке. Получено решение задачи о течении Куэтта трех несмешивающихся жидкостей с разными концентрациями частиц между движущимися параллельными пластинами. Проведены расчеты объемного расхода и напряжения сдвига при разных параметрах жидкостей и частиц. Показано, что при определенных комбинациях значений параметров объемный расход жидкости может быть существенно увеличен, что можно использовать для повышения эффективности соответствующих микрожидкостных и наножидкостных устройств.

*N. N. KIZILOVA, V. A. CHEREVKO*

*V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine*

## **MODELING OF LAMINAR FLOW OF IMMISCIBLE SUSPENSIONS OF MICRO AND NANOPARTICLES IN MICROCHANNELS**

Problem formulations for fluid flows of micro- and nano scaled channels accounting for the velocity slip conditions at the walls due diffusive reflections of the particles at the wall roughness. The solution of the problem on Couette flow of three immiscible liquids with different concentrations of particles between the parallel plane plates that move at different speeds is obtained. Numerical calculations of the flow distributions and volumetric flow rates have been carried out at a variety of the materials parameters and flow regimes. It is shown that at some sets of the parameters the flow rate could be significantly increased, that can be used for more efficient work of the microfluidic and nanofluidic devices.

*В. А. КОВТУН<sup>1</sup>, В. Н. ПАСОВЕЦ<sup>2</sup>, Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ<sup>3</sup>,  
М. МИХОВСКИЙ<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь, Гомель, Беларусь*

<sup>2</sup>*Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, Минск, Беларусь*

<sup>3</sup>*Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси, Гомель, Беларусь*

<sup>4</sup>*Институт механики Болгарской академии наук, София, Болгария*

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВЫХ НАНОПОЛНЕННЫХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ, СФОРМИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ СПЕКАНИЕМ**

Установлены зависимости физико-механических характеристик порошковых нанонаполненных металлополимерных композиционных материалов на основе порошковых систем «медь – омедненный полимер – углеродные нанотрубки» от содержания углеродных нанотрубок и гранул омедненного полимера. Анализ результатов исследований позволил оптимизировать компонентный состав исходных порошковых металлополимерных нанонаполненных систем по критериям прочности при сжатии и микротвердости.

*V. A. KOVTUN<sup>1</sup>, V. N. PASOVETS<sup>2</sup>, Y. M. PLESKACHEVSKY<sup>3</sup>, M. MIHOVSKI<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Gomel Engineering Institute of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus*

<sup>2</sup>*Command and Engineering Institute of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

<sup>3</sup>*V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus*

<sup>4</sup>*Institute of Mechanics of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

## **PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF NANO FILLED POWDER METAL-POLYMER COMPOSITES FORMED BY ELECTROCONTACT SINTERING**

There were established the physical-mechanical characteristics dependences of the nano filled powder metal composites with the "copper-copperplated polymer - carbon nanotubes" powder systems base on the portion of carbon nanotubes and the coppered polymer granules. Analysis of the research results allowed to optimize the component composition of the original metal-powder nano filled systems according to the criteria of compression strength and microhardness.

*В. И. КОРОБОВ, Т. В. РЕВИНА*

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина*

## **УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ С УЧЕТОМ НЕИЗВЕСТНОГО ТРЕНИЯ**

Рассматривается задача определения управления, переводящего материальную точку в положение покоя при движении с учетом неизвестного трения за конечное время. Решение основано на методе функции управляемости В. И. Коробова. Цель работы – найти границы изменения коэффициента нелинейного вязкого трения, при которых перевод в положение равновесия осуществляется таким же управлением, как и в отсутствие трения.

*V. I. KOROBOV, T. V. REVINA*

*V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine*

## **CONTROLLABILITY OF THE MATERIAL POINT MOTION CONSIDERING THE UNKNOWN FRICTION**

There is considered the definition problem of the control taking the material point to equilibrium state during the finite time in the conditions of unknown friction. The solution is based on the controllability function method conceived by V. I. Korobov. The goal of paper is to find out the limits of the non-linear viscous friction coefficient changes for the case when the material point is taken to the equilibrium state by the same control as for the motion without friction.

## **АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОЛЕБАНИЙ НЬЮТОНОВСКИХ И НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ЗАМКНУТЫХ РЕЗЕРВУАРАХ**

В работе рассмотрены основные математические соотношения, описывающие колебания жидкого груза в резервуаре транспортного средства при компьютерном моделировании перетекания жидкостей в цистернах. На основе анализа возможностей различных инженерных пакетов для создания компьютерных моделей перетекания жидкостей в резервуарах, определено, что для анализа колебаний как ньютоновских, так и неньютоновских жидкостей целесообразно использовать программу ANSYS. Изучены подходы к получению численного решения в программе ANSYS, а также выполнен анализ адекватности компьютерных расчетов результатам эксперимента.

*M. G. KUZNIATSOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **ANALYSIS OF APPROACHES TO MODELING OF NEWTONIAN AND NON-NEWTONIAN LIQUID CARGO OSCILLATIONS IN CLOSED TANKS**

There were considered the mathematical relations describing the oscillations of liquid cargo in the road tank reservoir for computer simulation of liquids sloshing in tanks. Based on the analysis of various engineering packages capabilities for creating computer models of liquid cargo sloshing in closed reservoirs including the analysis of Newtonian and non-Newtonian liquids it was assumed that the most preferable is the ANSYS software. The approaches to obtaining numerical solutions in ANSYS were investigated, as well as the analysis of the adequacy of computer simulations with the experimental results was analyzed.

*Д. В. ЛЕОНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

**КОЛЕБАНИЯ КРУГОВЫХ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН  
НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗОК**

Рассмотрены осесимметричные поперечные колебания круглой упругой трехслойной пластинки, скрепленной с упругим основанием, под действием импульсных поверхностных нагрузок. Реакция основания описывается моделью Винклера. Для описания кинематики несимметричного по толщине пакета приняты гипотезы ломаной нормали. Заполнитель – легкий. Аналитические решения получены с использованием функции Хевисайда и дельта функции Дирака. Проведен численный анализ полученных решений.

*D. V. LEONENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

**OSCILLATIONS OF THE CIRCULAR THREE-PLY PLATES ON A  
DEFORMED FOUNDATION UNDER THE ACTION OF PULSED LOADS**

There are considered the axisymmetrical transversal oscillations of the round elastic sandwich plate, linked with elastic foundation, under the action of impulsive superficial loadings. Reaction of foundation was described by the Winkler's model. For the kinematics description of the asymmetrical by thickness package there were accepted the broken normal hypotheses. Filler is light. The analytical solutions were obtained by Heavyside functions and Dirac delta-function usage. There is demonstrated the numerical analysis of the received solutions.

*А. В. ЛОКТИОНОВ*

*Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь*

**ТЕОРИЯ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Проанализированы методы расчета кинематических параметров режущего инструмента пространственных исполнительных механизмов. Установлено, что кинематические углы резцов исполнительных механизмов в процессе резания не соответствуют геометрическим углам режущего инструмента. Предложены аналитические зависимости для расчета кинематических углов резцов в процессе резания и исходные конструктивные и кинематические параметры исполнительных механизмов.

*A. V. LOKTIONOV*

*Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus*

**CALCULATION THEORY FOR THE KINEMATIC PARAMETERS  
OF THE SPATIAL ACTUATORS CUTTING TOOL**

The methods of kinematic parameters calculating for the spatial actuators cutting tool were analyzed. It was established that the kinematic angles of actuators cutters does not correspond to the geometric angles of the cutting tool during the cutting process. There were proposed the analytical dependencies for their calculation of the cutters' kinematic angles calculation for the cutting process and the original constructional and kinematic parameters of executive mechanisms.

*А. В. ПИГУНОВ<sup>1</sup>, П. М. АФАНАСЬКОВ<sup>1</sup>, С. В. ШЕСТАКОВ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

*<sup>2</sup>Белорусский автомобильный завод, Жодино, Беларусь*

### **УСИЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВА ВАГОНА-ХОППЕРА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЦЕМЕНТА**

Разработан вариант усиления конструкции вагона-хoppers для перевозки цемента. Выполнены прочностные расчеты, позволившие определить уровень напряжений для всех конструктивных групп металлоконструкции кузова вагона.

*A. V. PIGUNOV<sup>1</sup>, P. M. AFANAS'KOV<sup>1</sup>, S. V. SHESTAKOV<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

*<sup>2</sup>Belarusian Autoworks, Zhodino, Belarus*

### **CAR BODY CONSTRUCTION REINFORCEMENT OF THE HOPPERS FOR CEMENT TRANSPORTATION**

A variant of the car body reinforcement for hopper transporting cement is developed. There were performed strength calculations, allowed to determine the stress levels for all constructive metal groups of the car body.

*Д. Г. ПРИБЫТОК*

*Гданьский политехнический университет, Гданьск, Польша*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЁХМЕРНОГО ТЕЧЕНИЯ СТОКСА МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Рассматривается моделирование трёхмерного течения вязкой жидкости (течение Стокса) методом граничных элементов. Главная особенность метода заключается в том, что дискретизации подвергается только граница области решения, что позволяет облегчить процесс построения сетки и одновременно сэкономить вычислительные ресурсы. В работе показан общий подход к построению численного решения задачи нахождения поля скоростей течения Стокса. Сравнение результатов численного моделирования с аналитическим решением для течения жидкости в прямолинейной трубе кругового сечения (течение Пуазейля) показало их хорошее соответствие.

*D. G. PRIBYТОК*

*Gdańsk University of Technology, Gdansk, Poland*

## **SIMULATION OF THREE-DIMENSIONAL STOKES FLOW BY BOUNDARY ELEMENT METHOD**

There is considered the modeling of three-dimensional viscous flow (Stokes flow) by boundary element method. The main feature of this method is that only the solution area boundary is discretized. This fact allows to facilitate the meshing process and to save computational resources at the same time. The paper shows a general approach to the numerical solution construction for the problem of the Stokes flow velocity field definition. The comparison of numerical results with the analytical solution for fluid flow in a straight pipe of circular cross section (Poiseuille flow) showed their good agreement.

*В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ, В. С. МОГИЛА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ FEMM42**

В статье описана математическая модель электромеханических процессов, происходящих при включении прямоходового электромагнита. Математическая модель включает в себя дифференциальные уравнения равновесия электрической цепи и движения якоря и модель магнитной системы электромагнита в среде FEMM42. Представлены результаты экспериментальных исследований и результаты моделирования. Выполнен анализ полученных результатов.

*V. V. SKRAZHANDEWSKI, V. S. MOGILA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **SIMULATION OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS USING FEMM42**

The paper describes a mathematical model of electromechanical processes, taking place while switching of a forward electromagnet. The mathematical model includes the differential equations for the electrical circuit equilibrium and for the armature motion as well as the electromagnet magnetic system model created by FEMM42. There are presented the results of the experimental investigations and modeling. The analysis of the received results is carried out.

*Ю. П. СМІРНОВ, В. К. ТАРАСОВ*

*Тульский государственный университет, Тула, Россия*

## **ДВИЖЕНИЕ И РАВНОВЕСИЕ ТОЧКИ НА ВНУТРЕННЕЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОНУСА**

Разработана механико-математическая модель движения частицы сыпучего материала по поверхности вращающегося вокруг вертикальной оси конуса. Проведен анализ условий относительного покоя рассматриваемой частицы в зависимости от угла наклона образующей конуса.

*YU. P. SMIRNOV, V. K. TARASOV*

*Tula State University, Tula, Russia*

## **MOVEMENT AND EQUILIBRIUM OF POINT ON THE INSIDE ROUGH SURFACE OF THE ROTATING CONE**

There was developed the mechanical-mathematical model of particulate material particle motion on the surface of the cone rotating around a vertical axis. The analysis of particle relative rest conditions depending on the angle of the cone was carried out.

*О. Т. ТЕМИРТАСОВ, Е. Т. АБИЛЬМАЖИНОВ, С. М. МАНСУРОВ,  
С. К. ТУРУСБЕКОВ, К. С. ТУРУСБЕКОВ  
Государственный университет имени Шакарима города Семей, Семей,  
Казахстан*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЕЧАЕК БАРАБАНОВ И РОЛИКООПОР КОНВЕЙЕРНЫХ СИСТЕМ ИЗ ЛИСТА**

Работа посвящена состоянию комплексной механизации в промышленности Республики Казахстан и технологическому усовершенствованию элементов массового узла скоростного ленточного конвейера, работающего в тяжелых условиях эксплуатации при повышенной запыленности, значительных перепадах температуры. Предлагается способ изготовления обечаек барабанов и роlikоопор из листа, при котором для диффузионной сварки используется плазмотрон с последующим многократным разглаживанием катком.

*О. Т. TEMIRTASOV, E. T. ABILMAZHINOV, S. M. MANSOUROV,  
S. K. TURUSBEKOV, K. S. TURUSBEKOV  
Shakarim State University of Semey, Semey, Kazakhstan*

## **MANUFACTURING TECHNOLOGY OF DRUMS' SHELLS AND ROLLER CARRIAGES FROM THE SHEET FOR CONVEYOR SYSTEM**

The work is dedicated to the industry comprehensive mechanization in the Republic of Kazakhstan and technological improvement of the mass assembly elements of the of high-speed conveyor belt, working in harsh environmental conditions: dusty ambient air, significant changes in temperature. There is supposed a method for the drums' and carrying rollers' manufacture from the sheet. This method considers the usage of plasma torch for the diffusion bonding and further smoothing by the roller.

*Е. Н. ФИЛИППОВА<sup>1</sup>, Н. Н. КИЗИЛОВА<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина*

## **ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ ВОЛН КАК МЕХАНИЗМ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ РАЗВЕТВЛЕННЫХ МЯГКИХ ВОЛНОВОДОВ**

Исследуются закономерности распространения и отражения волн в заполненных вязкой жидкостью разветвленных в виде бинарных деревьев системах податливых трубок (мягких волноводах) как моделях кровеносных русел. Параметры моделей соответствуют результатам измерений на препаратах и медицинских изображениях. На основе модели распространения цилиндрических волн в толстостенных трубках из вязкоупругого материала проведены расчеты распределений волновой проводимости и коэффициента отражения как дерева в целом, так и его ветвей. Показано, что разветвленная структура позволяет существенно увеличить волновую проводимость системы трубок. Увеличение проводимости по направлению к корню дерева коррелирует с уменьшением коэффициента отражения волн на ветвлениях трубок. При определенных соотношениях между диаметрами и длинами трубок коэффициент отражения становится отрицательным и определяет подсосывающий эффект, что ведет к росту проводимости дерева. В артериальных системах этот механизм может реализовываться за счет биоактивности материала стенок артерий.

*H. N. PHILIPPOVA<sup>1</sup>, N. N. KIZILOVA<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University "Kharkov polytechnic institute", Kharkov, Ukraine*

*<sup>2</sup>V. N. Karazin Kharkov National University, Kharkov, Ukraine*

## **NEGATIVE WAVE REFLECTION AS A MECHANISM OF INCREASE OF THE BRANCHED SOFT WAVEGUIDES CONDUCTIVITY**

Regularities of the wave reflections in the branched systems of filled by a viscous fluid compliant tubes as a model of the blood vasculatures are studied. Geometry of the branched systems is described by the measurement data obtained from the preparations and medical images. Based on the mathematical model of axisymmetric pulse waves in the thick-walled tubes made from a viscoelastic material, there were made the calculations for wave conductivity distributions and wave reflection coefficient in the entire tree as well as in its branches. It is shown that the branched structure allows to increase the wave conductivity of the system of tubes significantly. The increase in the conductivity in the direction to the root of the tree correlates with the decrease in the reflection coefficient at the branches. At certain ratios between the diameters and lengths of the tubes the wave reflection coefficient becomes negative that determines the suction effect, which leads to an increase in the conductivity of the system. In the arterial systems this mechanism may be realized due to the bioactivity of the arterial walls.

*В. М. ХВИСЕВИЧ, А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК*

*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь*

## **ГРАНИЧНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ И ТЕРМОУПРУГОЙ ЗАДАЧ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ**

Предлагается алгоритм решения краевой задачи термоупругости, основанный на применении метода потенциала. Рассмотрены основные аспекты вывода интегрального уравнения теплопроводности, построение термоэластопотенциалов, вывод интегральных уравнений для определения термоупругих осесимметричных напряжений и перемещений.

*V. M. KHVISEVICH, A. I. VEREMEYCHIK*

*Brest State Technical University, Brest, Belarus*

## **BOUNDARY INTEGRAL EQUATIONS FOR THERMAL AND THERMOELASTIC PROBLEMS IN CYLINDRICAL COORDINATES**

There is supposed an algorithm for the thermoelasticity boundary problem solution based on the potential method. The main aspects of the heat conduction integral equation output were considered. Also the paper presents the construction thermoelastopotentials, deduced integral equations for thermoelastic axisymmetric stresses and displacements definition.

*Д. А. ЧЕРНОУС*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ  
ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВЕ ОДНОМАССОВОЙ МОДЕЛИ,  
УЧИТЫВАЮЩЕЙ ВЯЗКОУПРУГИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА**

Составлены динамические уравнения колебаний груза, прикрепленного к стержню из материала с вязкоупругими свойствами. Получены выражения для коэффициентов жесткости и вязкого сопротивления в одномассовой модели рассматриваемой системы при продольных, изгибных и крутильных установившихся вынужденных колебаниях. Сформулирован способ учета вязкости материала в рамках одномассовой модели вибраций элементов конструкций произвольной конфигурации.

*D. A. CHERNOUS*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

**DETERMINATION OF THE MACHINE PARTS FORCED VIBRATIONS  
PARAMETERS BASED ON THE SINGLE-MASS MODEL  
CONSIDERING THE VISCOELASTIC MATERIAL PROPERTIES**

There were composed the oscillations dynamic equations for the load, attached to the rod made of material with viscoelastic properties. The expressions for the stiffness coefficients and the viscous resistance for single-mass model of the considered system were obtained for longitudinal, flexural and torsional steady forced vibrations. There was formulated a method of the material viscosity accounting for the single-mass model of vibrations of structural elements with arbitrary configuration.

*В. И. ИГНАТЮК*

*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь*

**О СОЗДАНИИ УЧЕБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОВ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ  
СООРУЖЕНИЙ**

Рассматриваются принципы создания учебных компьютерных программ для расчета сооружений как обучающе-исследовательских систем. Приведены примеры создания таких систем.

*V. I. IGNATYUK*

*Brest State Technical University, Brest, Belarus*

**ABOUT THE ESTABLISHMENT OF TRAINING COMPUTER PROGRAMS  
FOR STUDYING OF MECHANICAL CALCULATION METHODS  
FOR THE BUILDING STRUCTURES**

There are considered the principles of educational computer programs creation with the aim of the building structures' calculation as a teaching-research systems. Examples of such systems are presented.

*Д. А. КЛИМОВСКИЙ, В. В. СКРЯБИН, М. А. ОРЕШКОВ*  
*Сибирский государственный аэрокосмический университет*  
*имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия*

### **ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛОБЧАТОЙ ЛЕНТЫ АКТУАТОРА**

В учебно-исследовательской работе рассматриваются подходы к определению рациональных геометрических параметров желобчатой ленты актуатора с учетом особенностей его эксплуатации.

*D. A. KLIMOVSKIY, V. V. SCRIBIN, M. A. ORESHKOV*  
*Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev,*  
*Krasnoyarsk, Russia*

### **PECULIARITIES OF GEOMETRICAL PARAMETERS SELECTION FOR THE ACTUATOR'S GROOVED RIBBON**

The study-research work concerns the approaches to the definition of rational geometrical parameters for actuator's grooved tape taking into account the peculiarities of its operation.

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,  
Гомель, Беларусь*

**МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО РАЗДЕЛУ  
«СТАТИКА» ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМАТИКА  
И ТЕЛЕМЕХАНИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

Предлагаются задачи по теоретической механике, которые целесообразно рассматривать студентам специальности «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». На основе материалов, собранных доцентом БелГУТа к. т. н. А. Н. Дубко при участии автора, создана подборка заданий различной сложности о расчете равновесия рычажных механизмов. Приводятся условия названных задач с целью возможного их использования как при аудиторной, так и самостоятельной работе студентов.

*D. V. KOMNATNY*

*Gomel State Technical University named by P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus*

**MATERIALS FOR PRACTICAL STUDIES ON STATICS  
FOR “RAILWAY AUTOMATICS AND TELEMCHANICS” SPECIALTY**

The problems for practical studies on statics are suggested. They are expedient to be solved by students of “Railway automatics and telemechanics on the railway transport” specialty. Based on the materials collected by associated professor A. N. Dubko with the help of the author there was created a couple of problems of different complexity concerning lever mechanisms equilibrium calculations. There are presented the tasks of named problems with the purpose of their possible application for students’ class and home work.

*Л. П. НАЗАРОВА, Е. В. ФАЛЬКОВА*

*Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика  
М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия*

## **ПРОБЛЕМЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ**

Анализируются изменения в инженерном образовании России на пути от плановой экономики к рыночной. Формулируются существующие проблемы подготовки специалистов в технических вузах в условиях реформирования «сверху».

*L. P. NAZAROVA, E. V. FALKOVA*

*Siberian State Aerospace University named by academician M. F. Reshetnev,  
Krasnoyarsk, Russia*

## **PROBLEMS OF ENGINEERS' TRAINING REFORMING**

There were analyzed the changes in Russian engineering education on the way from the planned to market economy. There were formulated the existing problems of specialists' training in technical universities in the conditions of reforming from the "top".

*Т. А. РОЩЕВА, Н. Е. МИСЮРА, Е. А. МИТЮШОВ*

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия*

### **РЕАЛИИ – МОДЕЛИ – РЕШЕНИЕ**

В работе рассматриваются новые стратегии преподавания теоретической механики в технических высших учебных заведениях, привлекающие и использующие реальные объекты окружающей действительности при отсутствии готовой модели этих объектов.

*T. A. ROSHCHEVA, N. E. MISYURA, E. A. MITYUSHOV*

*Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia*

### **REALITY – MODELS - SOLUTION**

In the work there are considered new strategies of the theoretical mechanics teaching at technical universities, attracting and using real objects of the surrounding reality and the absence of existing models of these objects.

*V. K. TARASOV, YU. P. SMIRNOV*

*Тульский государственный университет, Тула, Россия*

## **О КОНЕЧНЫХ ПОВОРОТАХ ТВЕРДОГО ТЕЛА С НЕПОДВИЖНОЙ ТОЧКОЙ**

Рассматриваются конечные повороты твердого тела с неподвижной точкой. Ориентация оси конечного поворота и угол поворота определены с помощью соотношений аналитической геометрии и сферической тригонометрии.

*V. K. TARASOV, Y. P. SMIRNOV*

*Tula State University, Tula, Russia*

## **ABOUT FINITE ROTATION OF THE RIGID BODY WITH A FIXED POINT**

There are considered finite rotations of a rigid body with a fixed point. The orientation of finite rotation axis and rotation angle was determined by a interrelation between analytical geometry and spherical trigonometry.

*А. И. ТЕСЕЛЬКО, Д. А. ЧЕРНОУС*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ**

Разработана упрощенная методика определения параметров и коэффициентов подобия для электрической модели механической колебательной системы. Предложены варианты использования такой методики для составления учебных задач при изучении электромеханической аналогии студентами механических и электротехнических специальностей. Указано на возможность развития методики для моделирования сложных колебательных систем.

*A. I. TESELKO, D. A. CHERNOUS*

*Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus*

## **EXAMPLES OF ELECTROMECHANICAL ANALOGIES USAGE IN THEORETICAL MECHANICS**

There was developed a simplified method of determining the parameters and similarity coefficients for the electric models of the mechanical oscillation system. There are suggested the variants this methodology application to the educational problems composition during the study of electromechanical analogy by students of mechanical and electrical specialties. The possibility of the modeling techniques development of complex oscillatory systems is specified.

*В. О. ШЕВЧУГОВ, Е. Ф. КАЛИНИН*

*Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия*

## **РОБОТ-АНДРОИД**

Рассматриваются принципы создания робота-андроида, предназначенного для выполнения тяжелых и опасных работ. Разработана конструкция руки робота. Обсуждаются пути развития системы управления движением элементов конструкции.

*V. O. SHEVCHUGOV, E. F. KALININ*

*Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev,  
Krasnoyarsk, Russia*

## **ROBOT-ANDROID**

There are considered the construction principles of android robots designed to perform heavy and dangerous work. A robot arm construction was developed. The ways of motion control system development are discussed.

*А. О. ШИМАНОВСКИЙ, И. Е. КРАКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь*

## **О МЕЖДУНАРОДНЫХ ОЛИМПИАДАХ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ 2014 и 2015 гг.**

Представлена информация о X и XI Международных олимпиадах по теоретической механике, которые проводились в Белорусском государственном университете транспорта. Приведены условия и решения задач, сведения о результатах олимпиад.

## **ABOUT INTERNATIONAL ENGINEERING MECHANICS CONTESTS 2014 AND 2015**

There is the information about 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> International Engineering Mechanics Contest in Belarusian State University of Transport: problem situations and solutions, some Contest results.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Статьи, представляемые в сборник научных трудов «Механика. Исследования и инновации», должны соответствовать следующим требованиям:

1 Материал статьи должен отражать профиль сборника научных трудов.

2 Статья не должна быть опубликована ранее в каком-либо печатном или электронном издании. Возможна публикация расширенного варианта какой-либо работы с обязательным упоминанием исходного ее варианта в списке литературных источников и тексте.

3 Рукопись статьи представляется на русском, английском, либо белорусском языке и публикуется на языке представления.

4 Текст статьи набирается на странице формата А5 (148×210 мм) шрифтом Times New Roman 10 pt, интервал одинарный. Поля: верхнее – 17 мм, нижнее – 21 мм, левое – 16 мм, правое – 16 мм. Вначале указывается УДК. На следующей строке размещается название. Затем – инициалы и фамилии авторов и названия организаций, которые они представляют. Далее следуют (на языке представления) аннотация, текст основной части статьи, список цитированных источников. К статье прилагается аннотация на английском языке. Объем рукописи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (не менее 5 полных страниц при оформлении по указанным требованиям).

5 Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть кратким, содержать ключевые слова.

6 Аннотация (объемом до 150 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования отдельно от статьи.

7 Основная часть должна включать:

– введение, в котором обосновывается цель работы и дается краткий обзор литературы по данной проблеме, причем обязательны ссылки на работы других авторов;

– описание методики, аппаратуры, материалов, объектов исследования и подробное освещение содержания исследований, проведенных авторами, включая графики и другой иллюстративный материал; полученные результаты должны быть проанализированы с точки зрения их достоверности, научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными; иллюстрации и формулы, встречающиеся в статье, нумеруются в соответствии с порядком цитирования в тексте;

– заключение, содержащее сформулированные в сжатом виде выводы, которое должно вытекать из материала статьи.

8 Рисунки, формулы и таблицы вставляются непосредственно в текст статьи (при наборе формул желательно использование редактора Microsoft

Equation) и должны быть пронумерованы в соответствии с порядком упоминания в тексте.

9 Список литературы, размещаемый по окончании текста статьи, должен включать библиографические данные в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

10 Материалы, не соответствующие настоящим требованиям, к рассмотрению не принимаются и могут быть возвращены авторам.

11 Вместе с материалами статьи на адрес электронной почты редакции [tm.belsut@gmail.com](mailto:tm.belsut@gmail.com) следует выслать сведения об авторах, включающие фамилию, имя, отчество (полностью), место работы, занимаемую должность, ученую степень, ученое звание, адрес для переписки (почтовый и электронной почты).

12 Направляя статью для публикации, авторы соглашаются с возможной редакционной правкой, не искажающей основное содержание статьи.