



ВЕСТНИК

ГОМЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ П. О. СУХОГО

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ИЗДАЕТСЯ С МАРТА 2000 г.

4(59)' 2014

Главный редактор

С. И. ТИМОШИН

Заместитель
главного редактора

А. А. БОЙКО

Ответственный
секретарь

А. С. РЯБЦЕВА

Адрес редакции:

Редакционная коллегия:

О. Д. Асенчик, М. Н. Верещагин, В. А. Голуб,
Р. И. Громыко, Н. В. Грунтович, Н. П. Драгун,
Г. М. Лыч, Н. К. Мышкин, А. А. Панков,
Е. Н. Подденежный, Б. В. Сорвиров, А. В. Сычев,
Г. П. Тариков, Л. Г. Чубриков, О. Н. Шабловский,
А. П. Шевлюков, П. А. Хило, И. А. Мурашко, В. А. Ковтун

Республика Беларусь, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48
Телефон: +375 232 401 568. Факс: +375 232 479 165
E-mail: machin@gstu.by

СОДЕРЖАНИЕ

Машиностроение и машиноведение

<i>Рогачевский Н. И. Теория зацепления звеньев двухвенцовых червячных передач</i>	3
<i>Кашин Ю. А., Жадан М. И., Кашина Р. Е. Бифилярно-контролируемые движения свободных тел</i>	12
<i>Струтинский С. В., Демьяненко А. С. Разработка и исследование мехатронной системы контроля текущего пространственного положения инструмента станка параллельной кинематики</i>	19
<i>Попов В. Б. Совершенствование методики проектирования подъемно-навесных устройств универсальных энергетических средств</i>	29

Материаловедение

<i>Злотников И. И., Хило П. А., Шаповалов В. М. Изучение влияния адсорбционного модифицирования на свойства ультрадисперсных частиц диоксида кремния</i>	37
<i>Павленок А. В., Подденежный Е. Н., Дробышевская Н. Е., Бойко А. А., Мазаник А. В., Федотов А. К., Федотов А. С. Керамические материалы на основе оксида цинка, предназначенные для термоэлектрических применений</i>	43

Электротехника и энергетика

<i>Давыдов И. Г., Васюкевич С. Ю., Мигалевич С. А., Цурко А. В. Оценка помехоустойчивости метода диагностики роторных узлов машин в зависимости от условий предварительной фильтрации вибрационного сигнала</i>	50
---	----

<i>Овсянник А. В., Волкова Е. Н., Юфанова Т. С. Установление эмпирических зависимостей и разработка критериальных уравнений для описания интенсивности процесса теплообмена при парообразовании хладагентов R404A, R407C и R410A на технически гладких теплоотдающих поверхностях</i>	58
<i>Овсянник А. В., Трошев Д. С. Оценка энергетической эффективности приточно-вытяжных вентиляционных систем с тепловыми насосами</i>	64
<i>Бракоренко А. С. Моделирование технологических процессов в ходе разработки и отладки автоматических систем управления технологическими процессами</i>	69
<i>Бахур С. И., Алферов А. А., Алферова Т. В., Галушко В. Н. Программный инструментальный моделирования параметров надежности предприятий железнодорожного транспорта</i>	77

Экономика и управление народным хозяйством

<i>Дергун Л. В. Финансовые инструменты управления основным капиталом предприятия и особенности их применения в Республике Беларусь</i>	84
<i>Бык В. Ф. Незатратные инструменты и методы повышения конкурентоспособности машиностроительных предприятий Республики Беларусь</i>	93
Резюме	99

- Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований: по техническим наукам – машиностроение и машиноведение, материаловедение, энергетика (приказ ВАК РБ № 101 от 04.06.2005 г.); по экономическим наукам – экономика и управление промышленностью (приказ ВАК РБ № 26 от 02.02.2011 г.).
- Публикуемые материалы рецензируются.
- Мнение авторов статей не обязательно совпадает с позицией редколлегии.
- Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, разрешается только с согласия автора и издателя.
- Подписные индексы: для индивидуальных подписчиков – 00063
для предприятий и организаций – 000632

**Редакторы: Н. Г. Мансурова, А. В. Власов, Н. В. Гладкова, Т. Н. Мисюрова
Компьютерная верстка Н. Б. Козловская**

Подписано в печать 29.12.2014 г.

**Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 12,55. Уч.-изд. л. 10,43.
Тираж 100 экз. Изд. № 136.**

**Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48**

**Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет
потребительской кооперации».
Проспект Октября, 50, 246029, г. Гомель
ЛП №02330/464 от 27.03.2014 г.
Тираж 100 экз. Заказ № 475к/14.**

© Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2014

УДК 621.833.001.24

Рогачевский Н. И. Теория зацепления звеньев двухвенцовых червячных передач

Приведен анализ конструкций червячных передач. Предложены двухвенцовые червячные передачи, содержащие или цилиндрический червяк и два полувенцовых червячных колеса, или два цилиндрических червяка и червячное колесо, оба торца диска которого снабжены зубчатыми венцами, сопряженными с соответствующими червяками, кинематически связанными зубчатой передачей. Получены аналитические зависимости, характеризующие двухвенцовое червячное зацепление: уравнения контактных линий на червяке, поверхности зацепления червяка, поперечных и продольных линий зацепления, контактных линий на поверхности зацепления, боковой поверхности зуба червячного колеса и контактных линий на этой поверхности.

Rogachevsky N. I. Gearing Theory for the Links of the Double Wormgear Drive

The analysis of the designs of wormgears is presented. Double wormgear drives are proposed including either one cylindrical worm and two half-ring worm wheels or two cylindrical worms and a worm wheel, the both wheel disk faces of which are provided with geared rings associated with the respective worms which are kinematically connected by the gear drive. Analytical dependencies are obtained characterizing double wormgear toothing: the equation of contact lines on the worm, engagement surfaces of the worm, transversal and longitudinal lines of engagement, contact lines on the surface of engagement, side surface of the tooth of the worm wheel and contact lines on this surface.

УДК 531.3

Кашин Ю. А., Жадан М. И., Кашина Р. Е. Бифилярно-контролируемые движения свободных тел

Рассмотрено регулярное движение свободного твердого тела S , совершаемое по некоторому искомому пространственно-временному закону. Движение осуществляется под действием системы сил, включающей соответствующие распределенные массовые силы инерции этого тела, его постоянную силу тяжести и две переменные по модулю и по направлению силы натяжения пары связанных с телом S его гибких управляющих поводков. Определены силы натяжения поводков, адекватные данным условиям и закону искомого движения этого тела S . Представлена его математическая модель.

Kashin Y. A., Zhadan M. I., Kashina R. E. Bifilar Controlled Motion of Free Bodies

Regular motion of a free solid body S moving according to a certain required space-time rule is considered in the paper. Motion is executed under the system of forces including respective distributed mass forces of inertia of this body, its constant gravity force and two variable by magnitude and direction tensile forces of a pair of flexible control drivers connected with the body S . Tensile forces of the drivers adequate to given conditions and the rule of desired motion of the body S are determined. Its mathematical model is presented.

УДК 621.9.04

Струтинский В. Б., Демьяненко А. С. Разработка и исследование мехатронной системы контроля текущего пространственного положения инструмента станка параллельной кинематики

Разработан метод и мехатронная система контроля текущего пространственного положения инструмента станка параллельной кинематики. С помощью методов геометрического моделирования рассчитаны базовые аналитические соотношения, определяющие закономерности работы мехатронной системы контроля текущего пространственного положения инструмента. Приведены аналитические зависимости, характеризующие погрешности пространственного положения инструмента станка с параллельной кинемати-

кой. Изготовлен опытный образец мехатронной системы контроля текущего пространственного положения инструмента станка параллельной кинематики и проведена его предварительная настройка и проверка работоспособности. Предложена конструкция специального оборудования для определения точного положения инструмента станка с параллельной кинематикой при его выходе в позицию.

Strutinsky V. B., Demyanenko A. S. The Development and the Study of Mechatronic System of Active Control of Dynamic Space Position of the Tool of a Parallel Kinematics Machine Tool

The method and the system of control of dynamic space position of the tool of the parallel kinematics machine tool are developed. With the method of geometrical simulation constitutive analytical relations are calculated determining the principles of operation of mechatronic system of control of dynamic space position of the tool. Analytical dependencies characterizing errors of space position of the tool of the parallel kinematics machine tool are presented. A prototype model of the mechatronic system of control of dynamic space position of the tool of the parallel kinematics machine tool is made and its preliminary adjustment and operability testing are conducted. The design of special equipment for determining the exact position of the tool of the parallel kinematics machine tool during its positioning is proposed.

УДК 629.114.2-182.8

Попов В. Б. Совершенствование методики проектирования подъемно-навесных устройств универсальных энергетических средств

Представлена комплексная методика функционального проектирования подъемно-навесных устройств (ПНУ), обеспечивающих агрегатирование УЭС «Полесье» с различными адаптерами. Разработанная методика позволяет учитывать влияние основных режимов эксплуатации ПНУ в составе многофункционального технологического агрегата. Полезный эффект достигается как результат последовательного применения проектных процедур: анализ – принятие решения – синтез. При этом используются уточненные функциональные математические модели анализа свойств компонент ПНУ и математическая модель его многокритериальной параметрической оптимизации. Разработанная комплексная методика позволяет оптимизировать вектор внутренних параметров ПНУ, удовлетворив, с одной стороны, функциональные ограничения, а с другой, одновременно обеспечив множество паретооптимальных проектных решений для основных режимов эксплуатации ПНУ. Методика функционального проектирования ПНУ УЭС может быть использована в качестве базы для соответствующей модернизации методики функционального проектирования идентичных по структуре ПНУ колесных тракторов, в том числе марки «Беларус».

Popov V. B. Improving the Methods of Designing Mounted Lifting Devices of Multipurpose Power Units

System methods of functional design of mounted lifting devices are presented enabling to unitize multipurpose power unit «Polesie» with various adapters. The methods developed enable to allow for the influence of major operating modes of the mounted lifting device being the part of the multipurpose technological unit. Efficiency is achieved as a result of step-by-step applying of the design procedures: analysis – decision taking – synthesis. During implementing these steps the improved functional mathematical models of the analysis of the properties of the components of mounted lifting device and a mathematical model of its multi criteria parametric optimization are used. The system methods developed enable to optimize the vector of internal parameters of the mounted lifting device satisfying on the one hand functional limitations and on the other hand providing great number of Pareto optimal designs for major operational modes of the mounted lifting device. The methods of functional design

of the mounted lifting device of the multipurpose power unit can be used as the basis for respective updating of the methods of functional design of mounted lifting devices of wheel tractors having identical structure including «Belarus» model tractors.

УДК 678.029:678

Злотников И. И., Хило П. А., Шаповалов В. М. Изучение влияния адсорбционного модифицирования на свойства ультрадисперсных частиц диоксида кремния

В результате проведенных исследований найдены эффективные гидрофобизаторы ультрадисперсных частиц диоксида кремния из числа недефицитных, промышленно выпускаемых кремнийорганических соединений (полигидросилоксан и этилсиликонат натрия). Определена оптимальная концентрация модификаторов (5–6 мас. %) и время проведения адсорбционного модифицирования частиц диоксида кремния (120–140 с), обеспечивающих максимальный эффект гидрофобизации (количество гидрофобных частиц составляет не менее 99 %). Определены свойства полученных гидрофобизированных УД порошков диоксида кремния (насыпная плотность, размер частиц, степень гидрофобности). Проведена оценка эффективности использования модифицированных порошков диоксида кремния в качестве наполнителей полимерных материалов.

Zlotnikov I. I., Khilo P. A., Shapovalov V. M. The Study of the Influence of Adsorption Modification on the Properties of Ultra Dispersed Particles of Silicon Dioxide

After the studies performed efficient hydrophobisators of ultra dispersed particles of silicon dioxide are found from among non-deficient and commercially available silico organic compounds (polyhydrosiloxane and sodium ethyl silicate). Optimum concentration of modifiers is determined (5–6 mass %) and the time of adsorption modification of the particles of silicon dioxide (120–140 s) providing maximum effect of hydrophobization (number of hydrophobic particles not lower than 99 %). The properties of hydrophobization ultra dispersed powders of silicon dioxide obtained are determined (apparent density, particle size, the degree of hydrophobic behavior). The evaluation of the efficiency of the use of modified powders of silicon dioxide as extenders of polymeric materials is performed.

УДК 666.65:549.632

Павленок А. В., Подденежный Е. Н., Дробышевская Н. Е., Бойко А. А., Мазаник А. В., Федотов А. К., Федотов А. С. Керамические материалы на основе оксида цинка, предназначенные для термоэлектрических применений

Разработаны варианты синтеза керамики ZnO, легированной ионами алюминия и галлия, для термоэлектрических применений. Установлено, что для нелегированных керамик коэффициент термоэдс находится в диапазоне 0,54–0,75 мВ/К, для керамик, легированных галлием – 0,49–0,80 мВ/К, для керамик, легированных алюминием – 0,29–0,42 мВ/К.

Pavlenok A. V., Poddenezhny E. N., Drobyshevskaya N. E., Boiko A. A., Mazanik A. V., Fedotov A. K., Fedotov A. S. Zinc Oxide Based Ceramic Materials Designed for Thermoelectric Applications

The variants of ZnO ceramics doped with aluminum and gallium for thermoelectric applications are developed. It has been established that Seebeck coefficient lies in the range of 0.54–0.75 mV/K for undoped ceramics, 0.49–0.80 mV/K for gallium doped ceramics and 0.29–0.42 mV/K for aluminum doped ceramics.

УДК 620.179.18:[62-233.2+62-233.3]

Давыдов И. Г., Васюкевич С. Ю., Мигалевич С. А., Цурко А. В. Оценка помехоустойчивости метода диагностики роторных узлов машин в зависимости от условий предварительной фильтрации вибрационного сигнала

Произведено сравнение двух способов предварительной фильтрации при оценке технического состояния роторных узлов машин по методу анализа спектра огибающей вибрационного сигнала. Определена помехоустойчивость метода при воздействии широкополосных шумов.

Davydov I. G., Vasiukevich S. Y., Migalevich S. A., Tsourko A. V. Evaluation of Noise Stability of the Method of Diagnostics of Machine Rotor Units Depending on the Conditions of Prefiltration of the Vibration Signal

The comparison of the two methods of prefiltration during evaluation of technical condition of the machine rotor units is performed in the paper using the method of the analysis of the spectrum of the vibration waveform envelope. Noise stability of the method under the action of broadband noise is determined.

УДК 536.24

Овсянник А. В., Волкова Е. Н., Юфанова Т. С. Установление эмпирических зависимостей и разработка критериальных уравнений для описания интенсивности процесса теплообмена при парообразовании хладагентов R404a, R407c и R410a на технически гладких теплоотдающих поверхностях

Представлены результаты экспериментальных исследований теплообмена при кипении хладагентов R404a, R407c и R410a на гладкой технически шероховатой поверхности в условиях свободного движения в большом объеме. Получены эмпирические зависимости и разработаны критериальные уравнения, позволяющие описать интенсивность процесса теплообмена при кипении хладагентов в диапазоне подводимых тепловых потоков 3,7–48,8 кВт/м² и давлений насыщения в пределах 0,9–1,4 МПа в условиях большого объема.

Ovsiannik A. V., Volkova E. N., Yufanova T. S. Establishing Empiric Dependencies and Generation of Criterion Equations for the Description of the Rate of Heat Exchange Process during Evaporation of Refrigerants R404a, R407c, R410a on Technically Smooth Heat-Transferring Surfaces

The results of experimental studies of heat exchange during boiling of refrigerants R404a, R407c, and R410a on the smooth, technically roughened surface in the condition of free movement in pool boiling are presented. The empiric dependencies are obtained and criterion equations are generated enabling to describe the rate of heat exchange during refrigerants boiling in the range of input heat fluxes of 3.7–48.8 kW/m² and saturation pressures within 0.9–1.4 MPa in pool boiling conditions.

УДК 621.577

Овсянник А. В., Трошев Д. С. Оценка энергетической эффективности приточно-вытяжных вентиляционных систем с тепловыми насосами

Рассмотрена энергетическая эффективность систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией теплоты вентвыбросов, а также утилизации теплоты вентвыбросов в пароконвексионном тепловом насосе, воздушной климатической системе и комбинированная схема с рекуператором и пароконвексионным тепловым насосом. Определена экономия условного топлива при установке этих систем для условий г. Гомеля при расчетном расходе воздуха 1000 м³/ч и температуре вентвыбросов +18 °С.

Ovsiannik A. V., Troshev D. S. Evaluation of Energy Efficiency of Supply-and-Exhaust Ventilation Systems with Heat Pumps

Energy efficiency of the supply-and-exhausted ventilation system with recuperation of emission heat and also the efficiency of recovery of ventilation emission heat in vapour compression heat pump, and in air climatic system and a combined circuit with recuperator and vapour compression heat pump are considered. Economy of equivalent fuel when using these systems in the conditions of Gomel city at designed air flow of 1000 m³ hr and ventilation emission temperature of +18 °C is determined.

УДК 681.5.017

Бракоренко А. С. Моделирование технологических процессов в ходе разработки и отладки АСУ ТП.

Методика отладки АСУ при использовании математического моделирования заключается в совместном использовании систем отладки алгоритмов для АСУ и систем математического моделирования в одном едином алгоритме отладки. Для этого предлагается произвести несущественные преобразования в программе управления для ПЛК с целью применения в математическом моделировании. В среде Matlab Simulink при использовании инструментов OPC Toolbox и разработанной автором библиотеки наиболее часто используемых исполнительных механизмов (насосы, нагреватели, клапаны и задвижки) – создать систему, позволяющую связать работу симулятора ПЛК и систему математического моделирования Matlab Simulink в режиме реального времени. Полученный в результате данных преобразований алгоритм работы системы в точности повторяет режим работы реальной АСУ и позволяет симулировать работу объекта управления совместно с системой управления. Произведенные проверки позволяют говорить о применимости подобной методики настройки и тестирования программно-технического комплекса различной степени сложности, а использование технологии OPC позволяет применять данную методику для большого количества производителей оборудования АСУ.

Brakorenko A. S. Simulation of Technological Processes during Development and Debugging of Technological Process Automation Control System

The method of automation control system debugging with application of mathematical simulation includes combined use of the systems of debugging of algorithms for the automation control system and the systems of mathematical simulation in a single debugging algorithm. For this purpose small modifications are proposed to be done in the control program for PLC in order to use in mathematical simulation. It is also proposed using OPC toolbox tools and the library of most commonly used actuators developed by the author (pumps, heaters, valves and gate valves) in Matlab Simulink environment to create a system enabling to link the PLC simulator operation and the system of mathematical modeling Matlab Simulink in real-time mode. Obtained after these modifications algorithm of the system operation exactly replicates operational mode of the real automation control system and enables to simulate the operation of the controlled object together with the control system. Tests conducted confirm practicability of applying such methods for adjustment and testing of the software-hardware complex of various degrees of complexity and the use of OPC technology enables to employ these methods by a large number of automation system equipment producers.

УДК 622.23.08

Бахур С. И., Алферов А. А., Алферова Т. В., Галушко В. Н. Программный инструментарий моделирования параметров надежности предприятий железнодорожного транспорта

Рассмотрена программная реализация одного из методов расчета показателя качества системы технического обслуживания электрооборудования и объектов электроснабжения предприятий железнодорожного транспорта. В качестве показателя качества вы-

бран функционал, характеризующий относительное время пребывания объекта в работоспособном состоянии.

Bakhour S. I., Alferov A. A., Alferova T. V., Galoushko V. N. Programming Tool Set for Simulating Reliability Parameters of Railway Transport Enterprises

Program implementation of one of the methods of calculating of quality index of maintenance servicing of electric equipment and electric supply objects of the railway transport enterprises is considered. A functional characterizing relative time of the object operable condition is taken as the quality index.

УДК 336.662

Дергун Л. В. Финансовые инструменты управления основным капиталом предприятия и особенности их применения в Республике Беларусь

Представлена краткая характеристика состояния основных средств в республике, которая позволила обосновать необходимость их расширенного воспроизводства как основы укрепления экономическим потенциалом страны. Базовыми условиями эффективного инвестирования средств в основные средства являются действующие и вновь вводимые механизмы амортизационной и налоговой политики государства, которые определяют действенность финансовых инструментов управления основным капиталом организаций. Рассмотрены финансовые инструменты и механизмы управления основным капиталом предприятий, изучены особенности их применения в современных условиях.

Dergun L. V. Financial Instruments of Managing Fixed Capital of the Enterprise and Specific Features of their Application in the Republic of Belarus

Brief characteristic of the state of fixed assets in the country is presented which enabled to substantiate the need for their extended reproduction as the basis for raising economic potential of the country. Basic conditions for efficient funds investing in fixed assets are operating and newly introduced mechanisms of depreciation and tax policies of the state which determine effectiveness of the financial instruments for managing fixed capital of organizations. Financial instruments are considered and also mechanisms of managing fixed capital of enterprises, and also specific features of their application in the present day conditions are studied.

УДК 338.45.621

Бык В. Ф. Незатратные инструменты и методы повышения конкурентоспособности машиностроительных предприятий Республики Беларусь

Рассмотрены основные базовые инструменты (методы) системы «бережливое производство», их результативность; предложены алгоритмы поэтапного внедрения системы на предприятиях машиностроения.

Byk V. F. Low Cost Tools and the Methods of Improving Competitiveness of Machine Building Enterprises in the Republic of Belarus

The main basic tools (methods) of the «lean production» system and their efficiency are considered in the paper. Algorithms of stagewise adaptation of the system at machine building enterprises are proposed.