



ВЕСТНИК

ГОМЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ П. О. СУХОГО

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ИЗДАЕТСЯ С МАРТА 2000 г.

1(60)' 2015

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

Попов В. Б. Дополнение формализованного описания механизма вывешивания адаптера кормоуборочного комбайна 3

Материаловедение

Прач С. И., Бобарикин Ю. Л. Использование напорной волоки для мокрого волочения проволоки 11

Степанкин И. Н., Верещагина Л. С., Поздняков Е. П., Девойно О. Г., Веремей П. В. Влияние лазерной модификации на эксплуатационные характеристики стали Р6М5 19

Салганик В. М., Полецков П. П., Гущина М. С., Бережная Г. А., Кузнецова А. С., Стеканов П. А., Алексеев Д. Ю. Особенности получения наноструктурированного высокопрочного листового проката 27

Электротехника и энергетика

Зализный Д. И., Широков О. Г., Попичев В. В. Адаптивная математическая модель тепловых процессов асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 31

Карпов В. А., Ковалев А. В., Карпов А. В. Зависимость гистерезиса пропорциональных магнитов от параметров управляющего напряжения 44

Дорощенко И. В., Погуляев М. Н., Захаренко В. С. Исследование гармонического состава тока асинхронно-вентильного каскада 51

<i>Ковалев А. В., Карпов В. А., Литвинов Д. А., Карпов А. В., Черехухин В. А., Левкович А. С. Анализ влияния гистерезиса пропорционального электромагнита на погрешность пескосолераспределения комбинированной дорожной машины в автоматическом режиме</i>	58
<i>Ус А. Г., Дробов А. В., Галушко В. Н. Разработка Web-приложений для повышения энергоэффективности электрооборудования</i>	65
<i>Широков О. Г., Широков Г. О., Алферов А. А., Алферова О. А. Влияние инверторных источников питания сварочной дуги на систему электроснабжения промышленных предприятий</i>	72
<i>Широков О. Г., Алферова Т. В., Алферов А. А., Прусаков С. Л. Оценка потерь электрической энергии, вызванных несинусоидальными режимами, при расчете небалансов системных подстанций 10 кВ</i>	81

Экономика и управление народным хозяйством

<i>Бердин А. Ю. Доминантные показатели актуализации стратегии планирования выбора каналов распределения на предприятиях промышленности строительных материалов</i>	91
<i>Емельяниченко Я. В. Макроэкономические показатели инновационного развития Республики Беларусь</i>	100
Резюме	107

- 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 31.03.2015 г.

**Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 13,48. Уч.-изд. л. 11,21.
Тираж 100 экз. Изд. № 10.**

**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 № 124к.**

© Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2015

УДК 631.358:519.711.3

Попов В. Б. Дополнение формализованного описания механизма вывешивания адаптера кормоуборочного комбайна

Рассмотрены проблемы копирования рельефа адаптером кормоуборочного комбайна. Показаны некоторые приемы уточнения формализованного описания процесса копирования и уточненного расчета характеристик механизма вывешивания адаптера. Даны рекомендации по предварительной регулировке пружинных блоков и рациональному выбору параметров механизма вывешивания адаптера.

Popov V. B. Supplement to Formal Description of the Adapter Mounting Mechanism of the Combine Harvester

The problems of the relief copying by the adapter of the combine harvester are considered. Some techniques of more precise definition of formal description of the processes of copying and more detailed calculation of the adapter mounting mechanism characteristics are presented. Recommendations on preparatory adjustment of spring units and efficient selection of the parameters of the adapter mounting mechanism are given.

УДК 621.778.073

Прач С. И., Бобарькин Ю. Л. Напорная волока для мокрого волочения проволоки

Напорные волоки используются как инструмент в волочильном производстве проволоки и прутков. Напорные волоки обеспечивают принудительную подачу смазки в зону деформации волоки и снижение трения и усилия деформации при протягивании проволоки через эту волоку. В результате эффективность волочения повышается за счет снижения энергопотребления и износа волоки.

Проведен анализ возможности использования напорных волок в мокром волочении. Представлена конструкция инструмента для волочения проволоки с использованием жидких смазок.

Prach S. I., Bobarykin Y. L. Force Draw Die for Wire Wet-Drawing

The force draw die is used in wire drawing as a tool for manufacturing wire and rods. In force draw dies forced feed of lubricant to the area of the draw die deformation is provided and also reduction of friction and deformation force in the process of drawing wire through the draw die. As a result the efficiency of drawing is increased due to the reduction of energy consumption and draw die wear.

The analysis of the possibility of using force draw dies in wet-drawing is carried out. The design of the tool for wire drawing with the use of liquid lubricants is presented.

УДК 620.178.4

Степанкин И. Н., Верещагина Л. С., Поздняков Е. П., Девойно О. Г., Веремей П. В. Влияние лазерной модификации на эксплуатационные характеристики стали Р6М5

Исследовано влияние лазерной обработки поверхностного слоя быстрорежущей стали Р6М5 на характер и интенсивность ее контактного изнашивания. Показано, что механизм износа поверхностного слоя состоит из двух фаз. На первой происходит накопление внутренних повреждений, сопровождающееся деструктуризацией металла в области полоски контакта и зарождение преимущественно межкристаллитных микротрещин. На втором этапе в результате распространения трещины контактной усталости поверхностный слой, претерпевший наклеп, отделяется от основного материала. Полученные зависимости контактного изнашивания показывают, что глубокая модификация поверхностного слоя быстрорежущей стали Р6М5 не оказывает существенного влияния на изменение скорости контактного изнашивания по сравнению с более тонкими слоями.

Stepankin I. N., Vereschaguin L. S., Pozdniakov E. P., Devoyno O. G., Veremey P. V. The Influence of Laser Modification on Operating Characteristics of P6M5 Steel.

The influence of laser treatment of the surface layer of P6M5 high speed steel on the character and rate of its contact wear is studied. It is shown that the mechanism of the surface layer wear consists of two phases. In the first phase accumulation of internal damages accompanied by metal destructurization in the area of contact band and origination of mainly intercrystalline microcracks occur. At the second stage as a result of the contact fatigue crack propagation the surface layer influenced by work hardening is separated from the basic material. The dependencies of contact wear obtained show that deep modification of the surface layer of P6M5 high speed steel has no significant influence on the change of contact wear rate as compared with thinner layers.

УДК 621.771.23–022.532:621.785

Салганик В. М., Полецков П. П., Гущина М. С., Бережная Г. А., Кузнецова А. С., Стеканов П. А., Алексеев Д. Ю. Особенности получения наноструктурированного высокопрочного листового проката

Обоснована необходимость создания принципиально новых материалов для производства высокотехнологичной продукции нового поколения, используемой в оборонной промышленности, мосто- и автомобилестроении, крановом производстве и других наукоемких отраслях промышленности. Примером служат высокопрочные стали, производство которых невозможно без использования инноваций, позволяющих обеспечивать требуемые свойства материала за счет управления формированием структуры на наноуровне. С целью получения наноструктурированного высокопрочного листового проката с уникальным комплексом механических свойств (прочность 700–2000 Н/мм², твердость свыше 280 НВ, удлинение не менее 8 %) проведены исследования влияния температур закалки и отпуска на ударную вязкость при низких температурах и твердость. В соответствии с проведенным анализом предложен оптимальный химический состав экспериментальной стали, а также режим термообработки.

Salganic V. M., Poletskov P. P., Guschina M. S., Berezhnaya G. A., Kuznetsova A. S., Stekanov P. A., Alekseyev D. Y. Specific Features of Obtaining Nanostructured High-Strength Sheet Products

The necessity of creating fundamentally new materials for the production of high-tech products of new generation used in the defense industry, bridge engineering, automobile and crane production is substantiated. The example of this may be high-strength steel the production of which is not possible without the use of innovations enabling to provide desired material properties by controlling structure formation on a nanoscale. In order to obtain high-strength nanostructured rolled sheet with a unique set of mechanical properties (strength of 700–2000 N/mm², hardness over 280 HB, elongation not less than 8 %) the studies of the influence of quenching temperature and tempering temperature on impact toughness at low temperatures and hardness were performed. In accordance with the analysis carried out the optimal chemical composition of the experimental steel and optimal heat treatment regime were proposed.

УДК 621.313.333.2

Зализный Д. И., Широков О. Г., Попичев В. В. Адаптивная математическая модель тепловых процессов асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Предложена математическая модель тепловых процессов асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, позволяющая в реальном времени рассчитывать температуры его статора и ротора на основе известных значений температуры его поверхности, температуры окружающей среды, токов и напряжений всех фаз статора. Эта модель обладает адаптивными свойствами благодаря косвенному определению потерь активной мощности в двигателе, и, соответственно, требует наименьшего количества исходных данных для расчета его внутренних температур по сравнению с существующими математически-

ми моделями. Проведенные лабораторные экспериментальные исследования показали, что максимальная абсолютная погрешность расчета температуры статора по отношению к непосредственно измеренной температуре не превысила 3,5 °С.

Основная область применения разработанной математической модели – устройства тепловой защиты и диагностирования электродвигателей.

Zalizny D. I., Shirokov O. G., Popichev V. V. Adaptive Mathematical Model for Thermal Processes of the Induction Motor with Cage Rotor

A mathematical model of thermal processes of the induction motor with the cage rotor is proposed enabling to calculate in real time its stator and rotor temperatures based on known values of its surface temperatures, ambient temperature, current and voltage values of all stator phases. This model features adaptive properties due to the possibility of indirect measurement of total watt loss in the motor and correspondingly requires minimum initial data for computing its internal temperatures as compared with existing mathematical models. Laboratory experiments conducted show that maximum absolute error of calculation for the stator temperature relative directly measured temperature is within 3.5 °С.

Major area of application of the model developed is thermal protection and diagnosing units for electric motors.

УДК 621.38

Карпов В. А., Ковалев А. В., Карпов А. В. Зависимость гистерезиса пропорциональных магнитов от параметров управляющего напряжения

Статья посвящена исследованию влияния параметров управляющего напряжения на гистерезис пропорциональных электромагнитов гидравлических систем. Приведены структура пропорционального магнита, его основные характеристики и проанализированы факторы, влияющие на гистерезис магнита. Представлены и проанализированы экспериментально полученные данные, отражающие влияние параметров управляющего напряжения на величину гистерезиса магнита. Даны расчетные соотношения, позволяющие находить токи в обмотке возбуждения пропорционального магнита и рассчитывать его постоянную времени по экспериментально снятым тяговым характеристикам. Показано, что эквивалентная постоянная времени τ с уменьшением частоты питающего напряжения увеличивается.

Karpov V. A., Kovalev A. V., Karpov A. V. Dependence of Hysteresis of Proportional Solenoid Magnet on the Parameters of Control Voltage

The paper deals with the study of the influence of control voltage parameters on hysteresis of proportional solenoid magnets of hydraulic systems. The proportional solenoid magnet structure is given, its basic characteristics and factors influencing the solenoid magnet hysteresis are analyzed. Experimentally obtained data are presented and analyzed demonstrating the influence of control voltage on the value of the magnet hysteresis. Design relations are given enabling to register current in field winding of the proportional solenoid magnet and to calculate its time constant by experimentally obtained traction characteristic.

It is shown that equivalent time constant τ increases with the reduction of supply voltage frequency.

УДК 62-83-52

Дорощенко И. В., Погуляев М. Н., Захаренко В. С. Исследование гармонического состава тока асинхронно-вентильного каскада

Рассмотрен анализ гармонического состава потребляемого и рекуперированного через роторную цепь токов асинхронно-вентильного каскада с различными преобразователями в роторной цепи, выполняемый с помощью имитационной модели. Представлен гармонический спектр тока, полученный на основе численного анализа разработанной имитационной модели для двигателя мощностью 5 кВт.

Doroschenko I. V., Pohulayev M. N., Zakharenko V. S. The Study of Harmonic Composition of Asynchronous-Valve Cascade Current

The analysis of harmonic composition of consumption current and the current recuperated through rotor circuit of asynchronous-valve cascade with different converters in rotor circuit is considered which is carried out with the use of imitation model. Harmonic spectrum of the current obtained on the basis of numerical analysis of the imitation model developed for the 5 kW motor is presented.

УДК 621.38

Ковалев А. В., Карпов В. А., Литвинов Д. А., Карпов А. В., Черехухин В. А., Левкович А. С. Анализ влияния гистерезиса пропорционального электромагнита на погрешность пескосолераспределения комбинированной дорожной машины в автоматическом режиме

Статья посвящена исследованию влияния гистерезиса пропорционального электромагнита на погрешность распределения противогололедных материалов в автоматическом режиме поддержания заданной плотности. Приведены экспериментально снятые характеристики регулятора секции подачи противогололедных материалов, на базе которых по предложенной методике сделан анализ влияния гистерезиса пропорционального электромагнита на погрешность работы подающего узла комбинированной дорожной машины в автоматическом режиме. Для разработчиков и производителей комбинированных дорожных машин предложены рекомендации по уменьшению погрешности распределения.

Kovalev A. V., Karpov V. A., Litvinov D. A., Karpov A. V., Chereukhin V. A., Levkovich A. S. The Analysis of the Influence of Hysteresis of Proportional Solenoid Magnet on Sand Distribution Error of a Combined Road Machine in Automatic Mode

The paper deals with the influence of hysteresis of the proportional solenoid magnet on the error of distribution of anti-icing materials in automatic mode of keeping preset compactness. Experimentally obtained characteristics of the anti-ice material feed section regulator are presented based on which using the methods proposed the analysis of the influence of the proportional solenoid magnet hysteresis on the error of operation of the feed unit of the combined road machine in automatic mode is performed. Recommendations are proposed for the designers and manufacturers of the combined road machines on reducing the distribution error.

УДК 622.23.08

Ус А. Г., Дробов А. В., Галушко В. Н. Разработка Web-приложений для повышения энергоэффективности электрооборудования

Разработаны Web-приложения для повышения энергоэффективности электрооборудования, которые основывались на реализации различных моделей надежности, электрических расчетах и анализе технических мероприятий по экономии электроэнергии. Рассмотрено создание инструментария повышения энергоэффективности электрооборудования, включающего: выбор защитной аппаратуры; расчет потерь мощности и электроэнергии в элементах системы электроснабжения; выбор сечения проводов или жил кабеля; определение мощности электродвигателя; расчет характеристик электрических машин, в том числе и вентильных.

Us A. G., Drobov A. V., Galushko V. N. Development of Web-Applications for Improving Energy Efficiency of Electrical Equipment

Web-applications for improving energy efficiency of electrical equipment are developed which are based on implementation of various models of reliability, electrical calculations and the analysis of technical measures on electric energy saving. Creation of the tools for improving energy efficiency of electrical equipment is considered including: selection of protection

equipment; calculation of power and energy loss in the components of electric power supply system; selection of wire and cable core section; determining electric motor power; calculation of characteristics of electrical machines including valve ones.

УДК 621.314

Широков О. Г., Широков Г. О., Алферов А. А., Алферова О. А. Влияние инверторных источников питания сварочной дуги на систему электроснабжения промышленных предприятий

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния инверторных источников питания сварочной дуги на систему электроснабжения промышленных предприятий. Получены спектрограммы n -х гармонических составляющих напряжения для сварочных трансформаторов для питающей сети, режима холостого хода и режима короткого замыкания, позволяющие определить показатели качества электрической энергии при работе сварочного оборудования и оценить степень его влияния на систему электроснабжения.

Shirokov O. G., Shirokov G. O., Alferov A. A., Alferova O. A. The Influence of Inverter Power Sources of Welding Arc on the System of Industrial Enterprise Power Supply

The results of experimental study of the influence of the inverter power sources of welding arc on the system of enterprise electric power supply are presented. Spectrograms of n harmonic components of voltage for welding transformers for the supply mains, idle mode and short-circuit condition are obtained enabling to determine quality factors of electric power during operation of welding equipment and to evaluate the degree of its influence on electric power supply system.

УДК 621.311

Широков О. Г., Алферова Т. В., Алферов А. А., Прусаков С. Л. Оценка потерь электрической энергии, вызванных несинусоидальными режимами при расчете небалансов системных подстанций 10 кВ

Представлена количественная оценка потерь электрической энергии, вызванных несинусоидальными режимами при расчете небалансов системных подстанций 10 кВ.

Получены спектры высших гармоник на трансформаторных подстанциях г. Гомеля и Гомельской области.

Получены зависимости дополнительных потерь активной мощности в трансформаторах от коэффициента искажения синусоидальности напряжения по фазам.

Shirokov O. G., Alferova T. V., Alferov A. A., Prusakov S. L. Evaluation of Electric Energy Losses Caused by Nonsinusoidal Modes in Computation of Non-Balance of 10 kV System Substations

Numerical evaluation of electric power losses caused by non-sinusoidal modes in computation of non-balance of 10 kV system substations is presented.

The spectra of higher harmonics at transformer substations of the city of Gomel and Gomel region are obtained.

The dependencies of extra losses of active power in transformers on the coefficient of distortion of voltage sinusoidal character by phases are obtained.

УДК 339.138:332.02

Бердин А. Ю. Доминантные показатели актуализации стратегии планирования выбора каналов распределения на предприятиях промышленности строительных материалов

Рассматриваются предприятия промышленности строительных материалов Республики Беларусь. Основной целью является определение оптимальных стратегий распре-

деления продукции анализируемых предприятий. Для этого первоначально выделяются возможные направления организации распределения, анализируется их специфика. Затем предлагается система из двадцати показателей, сведенных в четыре группы, которые всесторонне характеризуют основные факторы, обуславливающие специфику системы распределения на предприятиях промышленности строительных материалов. Предлагаются различные системы оценки выделенных показателей. Выбирается оптимальная система и проводится оценка всей совокупности анализируемых показателей. В итоге мы определяем оптимальные стратегии распределения в разрезе целевых рынков сбыта по каждому из рассматриваемых предприятий. В заключение резюмируется новизна, научность и практическая значимость работы.

Berdin A. Y. Dominant Indicators of Actualization of the Planning Strategy for Distribution Channel Selection at the Enterprises of Building Materials Industry.

The enterprises of building materials industry of the Republic of Belarus are considered. The main object of the study is determining optimal strategies of distribution of the products of the enterprises under study. For this purpose possible lines of distribution organization are primarily defined and their specific character is analyzed. Then the system of twenty indicators is proposed arranged into four groups which in detail characterize the main factors defining specific character of the distribution system at the enterprises of building materials industry. Various systems of assessment of indicators defined are proposed. Optimal system is selected and the assessment of the whole range of indicators under study is provided. As a result we define optimal strategies of distribution from the viewpoint of target sales markets for each enterprise under study. In conclusion novelty, scientific content and practical significance of the work are defined.

УДК 330.34:338.001.36

Емельяненко Я. В. Макроэкономические показатели инновационного развития Республики Беларусь

Статья посвящена выявлению и исследованию перечня макроэкономических показателей инновационного развития Республики Беларусь. Представлен анализ динамики перечисленных показателей за последние десять лет. Выявлены направления, по которым национальная статистика не отражает полную картину инновационного развития страны.

Установлено, что для дальнейшего совершенствования национальной инновационной системы предлагается провести критическую оценку системы мер инновационной политики, в том числе в сравнении с другими странами по масштабу и степени охвата. При этом подробное изучение и анализ предыдущих усилий чрезвычайно полезен для дальнейшего совершенствования политики в инновационной сфере.

Yemelyanchenko Y. V. Macroeconomic Indicators of Innovation Development of the Republic of Belarus

The paper deals with revealing and studying the list of macroeconomic indicators of innovation development of the Republic of Belarus. The analysis of the dynamics of these indicators for the last ten years is presented. The areas in which the full picture of innovation development of the country is not shown in national statistics are revealed.

It is established that for further improving the national innovation system it is proposed to critically assess the system of innovation policy measures including comparison with other countries with regard to scale and coverage. And also a detailed study and analysis of the previous efforts is very helpful for further improving the policy in innovation sphere.