

Редакционный совет:

Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.,
председатель
Голенков В.А. д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя
Пузанкова Е.Н. д-р пед. наук, проф.,
зам. председателя
Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц.,
секретарь
Астафьев П.А. д-р юрид. наук, проф.
Авдеев Ф.С. д-р пед. наук, проф.
Желтикова И.В. канд. фил. наук, доц.
Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.
Зомитева Г.М. канд. экон. наук, доц.
Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.
Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.
Косыкин А.В. д-р техн. наук, проф.
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.
Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.
Уварова В.И. канд. фил. наук, доц.

Редколлегия

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.
Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.
Подмастерьев К.В. д-р техн. наук, проф.
Савин Л.А. д-р техн. наук, проф.
Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

Бабичев А.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Бухач А. д-р техн. наук, проф. (Польша)
Вдовин С.И. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Голенков В.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Дьяконов А.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Запонец Я. д-р техн. наук, проф. (Чехия)
Зубчанинов В.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Иванов Б.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Кухарь В.Д. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Лавриненко В.Ю. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Ли Шенбо. канд. техн. наук, доц. (Китай)
Мирсалимов В.М. д-р физ.-мат. наук, проф. (Азербайджан)
Мулюкин О.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Старовойтов Э.И. д-р физ.-мат. наук, проф. (Беларусь)
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Ответственный секретарь:

Тюхта А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, г. Орел, ул. Московская, 34
+7(920)2806645, +7(906)6639898
http://oreluniver.ru
E-mail: tiostu@mail.ru

Зарег. в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-67029
от 30 августа 2016 года

Подписной индекс **29504**
по объединенному каталогу
«Пресса России»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2017

Содержание

Колонка главного редактора

Знакомство с новой рубрикой «Машиноведение и мехатроника» 3

Теоретическая механика и ее приложения

Кошелев А.В. Повышение надежности и стабильности работы вибрационных
технологических машин за счет низкочастотного параметрического возбуждения 4
Ле Тхи Тхань, Лавит И.М. Численный метод решения задачи о краевой трещине в
полуплоскости 12
Сухов А.К., Дологлонян А.В. Использование управляемых гидродинамических каверн для
опреснения морской и солоноватой воды 19
Барышников Ю.Н. Математическая модель разгрузки автомобиля-самосвала 25

Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Хромов И.В., Хромов В.Г. Оценка эффективности комбинированной функции для
моделирования диаграммы растяжения стальной канатной проволоки 30
Трещев А.А., Башкатов А.В., Теличко В.Г. Расчет напряженно-деформированного состояния
композитных железобетонных плит с учетом воздействия агрессивной среды 36
Иванов А.М., Лукин Е.С. Диссипация энергии при пластической деформации суперинвара
32НКД 42

Машиностроительные технологии и оборудование

**Анисимов Р.В., Канатников Н.В., Смоляков М.В., Харламов Г.А., Канатникова П.А.,
Пашиментова А.С.** Температура при зубодолблении колес с внутренними
незвольвентными зубьями: моделирование и верификация 47
Солер Я.И., Чи Киен Неуен Статистические оценки шлифуемости плоских деталей из
алюминиевых сплавов 53
Булавин В.Ф., Булавина Т.Г., В.В. Яхричев Валидация САД-продуктов в малых предприятиях
машиностроительного сектора 64
Барзов А.А., Галиновский А.Л., Моисеев В.А., Мугла Д.Р., Яковлев Р.В. Вероятностная модель
техничко-экономической оптимизации структуры информационно-диагностического
обеспечения трудноконтролируемых технологических процессов 73
Хромов Е.В., Гаришин А.Ю. Расчет допустимого натяжения элементов стальных канатов при свивке...
Лавриненко Ю.А. Рассеивание геометрических и силовых параметров при изготовлении
пружин сжатия 86

Машиноведение и мехатроника

Беляев А.С., Шибинский К.Г., Байдали А.С. Разработка энергоэффективного мехатронного
модуля для альтернативной энергетики и других применений 91
Сытин А.В., Родичев А.Ю., Кузавка А.В. Применение биморфных упругих элементов в
лепестковых газодинамических подшипниках 105
Гладышев А.Р., Гладышева А.В. Разработка, реализация и исследование анализатора
мышечной активности для задачи управления бионическим протезом кисти руки 116
Прейс В.В. Математическая модель фактической производительности роторного
бункерного загрузочного устройства с вращающимися воронками 123
Яцун С.Ф., Дмитриев В.А., Лушиников Б.В. Исследование динамики движения летательного
аппарата с машущим крылом с помощью средств Matlab / Simulink / Simmechanics 129

Приборы, биотехнические системы и технологии

Незнанов А.И. Датчик контроля поперечной неровности железнодорожного пути с
маятниковым элементом, полностью погруженным в жидкость 139
Малютин Д.М. Система для морских гравиметрических измерений повышенной точности
с самонастройкой параметров гиросtabilизатора 147
Вершенник Е.В., Закалкин П.В., Куприянов Н.А., Стародубцев П.Ю. Способ обнаружения
несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи 156
Греченева А.В., Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р. Методика оценки степени трения сегментов
позвоночника на базе совместных гониометрических и биотрибологических исследований...
Дологлонян А.В., Сухов А.К. Исследование потенциала сезонного аккумулирования холода
при работе солнечных коллекторов в ночное время 172

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Бондаренко Д.А., Кобищанов В.В. Автоматическая система управления температурой
тягового асинхронного двигателя локомотива 177
Петров С.П., Подмастерьев К.В., Пилипенко А.В., Шорин К.Д. Определение граничных условий
при параметрическом синтезе системы управления температурным режимом здания 184

Editorial council:

Pilipenko O.V. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president
Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president
Puzankova E.N. Doc. Sc. Ped., Prof.,
vice-president
Radchenko S.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president
Borzenkov M.I. Candidate Sc. Tech.,
Assistant Prof. secretary
Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.
Avdeev F.S. Doc. Sc. Ped., Prof.
Zheltikova I.V. Doc. Sc. Phil., Prof.
Ivanova T.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Zomiteva G.M. Candidate Sc. Ec., Assistant Prof.
Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Koskin A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Popova L.V. Doc. Sc. Ec., Prof.
Uvarova V.I. Candidate Sc. Phil., Assistant Prof.

Editorial Committee

Editor-in-chief
Radchenko S.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief Assistants:

Barsukov G.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Podmasteryev K.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Savin L.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Shorkin V.S. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof.

Member of editorial board:

Buchachev A.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Buchach A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)
Vdovin S.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Dyakonov A.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Zubchaninov V.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Zapomel Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Czech Republic)
Ivanov B.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Kopylov Yu.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Kukhar V.D. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Lavrynenko V.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Li Shenbo. Cand. Sc. Tech., Assist. Prof. (China)
Mirsalimov V.M. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof. (Azerbaijan)
Mulyukin O.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Osadchy V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Pilipenko O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Smolenzov V.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Starovoitov A.I. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof. (Belarus)
Stepanov Yu.S. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Heifets M.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302030 Orel, Moskovskaya ul., 34
+7(920)2806645, +7(906)6639898
http://oreluniver.ru
E-mail: tiostu@mail.ru

Journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. The certificate of registration PI № FS77-67029 from 30.08.2016

Index on the catalogue of the
«Pressa Rossii» 29504

© Orel State University, 2017

Contents

Editors Note

Introducing a new rubric «Machine Science and Mechatronics» 3

Theoretical mechanics and its applications

Koshelev A.V. Improvement of reliability and stability of work vibration technological machines for the account of low-frequency parametric excitation 4
Le Thi Thanh, Lavit I.M. The numerical method for a half-plane with edge crack problem solution 12
Suhov A.K., Dologlonyan A.V. Use of the managed hydrodynamic cavities for desalting of sea and saltish water 19
Baryshnikov Yu.N. Mathematical model of the unloading car-truck 25

Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

Khromov V.G., Khromov I.V. Assessment of efficiency of combined function when modeling the stress – strain diagram of a steel wire 30
Treschev A.A., Bashkatov A.V., Telichko V.G. Definition of stress-strain state of composite reinforced slab made of non-linear material taking into account exposure of aggressive environment 36
Ivanov A.M., Lukin E.S. Dissipation of energy during plastic deformation of superinvar 32NKD 42

Machine-building technologies and equipment

Anisimov R.V., Kanatnikov N.V., Smolyakov M.V., Harlamov G.A., Kanatnikova P.A., Pashmentova A.S. Temperature for shaping of gears with internal non-involute teeth: simulation and verification 47
Soler Ya.I., Chi Kien Nguyen Statistical estimations grindability of flat details from aluminum alloys 53
Bulavin V.F., Bulavina T.G., Yahrchev V.V. Validation of CAD products in small enterprises machinery sector 64
Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Mugla D.R., Moiseev V.A., Iakovlev R.V. A probabilistic model (feasibility) optimization (structure) information-diagnostic ensure a difficult-to-control processes 73
Khromov E.V., Garshin A.Yu. Calculation of allowable pull for elements of a steel rope when stranding 81
Lavrinenko Yu.A. Dispersion of geometric and power parameters during manufacturing process of compression spring 86

Machine Science and Mechatronics

Belyaev A.S., Shibinskiy K.G., Baidaly S.A. Development of energy-efficient mechatronic module for alternative energetic and other applications 91
Sytin A.V., Rodichev A.Yu., Kuzavka A.V. Application of bimorph elastic elements in foil gas dynamic bearings 105
Gladyshev A.R., Gladysheva A.V. Development, implementation and study of muscle activity analyzer for control tasks with the bionic prosthesis of a hand 116
Preis V.V. A mathematical model of the actual productivity of the rotary hopper feeding device with a rotating funnels 123
Dmitriev V.A., Lushnikov B.V., Vorochaeva L.Yu., Politov E.N., Yatsun S.F. Investigation of the dynamics of the movement of an aircraft with a flapping wing with the help of Matlab / Simulink / Simmechanics 129

Devices, biotechnical systems and technologies

Neznanov A.I. Based on a pendulum, that fully immersed in a fluid, sensor for measurements of the transverse crosslevel of railways 139
Malyutin D.M. System for sea gravimetric measurements increased accuracy with self-adjustment of parameters gyro stabilizer 147
Vershennik E.V., Zakalkin P.V., Kuprijanov N.A., Starodubtsev P.Yu. Way of detection the established radio-electronic means on subscriber lines of communication are not authorised 156
Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Kuzichkin O.R. Method of evaluating the friction of the spin segments on the basis of joint gonometric and biotribological research 163
Dologlonyan A.V., Suhov A.K. Research of seasonal accumulation potential of cold during the work of solar collectors at night 172

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

Bondarenko D.A., Kobischanov V.V. Automatic control system of the temperature of the treaty asynchronous locomotive engine 177
Petrov S.P., Podmasteriev K.V., Pilipenko A.V., Shorin K.D. Definition of border conditions with parametric synthesis of control system temperature mode of the building 184

Колонка главного редактора

Уважаемые читатели и авторы журнала! В нашем с Вами издании произошли еще некоторые изменения: начиная с 5 номера 2017 года появилась новая рубрика «Машиноведение и мехатроника», включающая в себя научные специальности 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин» и 05.02.05 «Роботы, мехатроника и механические системы». На наш взгляд, такое расширение поля деятельности пойдет на пользу журналу как мультинаучному изданию и расширит междисциплинарную компоненту его содержания.

Руководить новой рубрикой будет известный в нашей стране и за рубежом ученый – Савин Леонид Алексеевич, доктор технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры», профессор по кафедре «Машиноведение и детали машин», заведующий кафедрой «Мехатроника, механика и робототехника» ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», член Российской инженерной академии, член Высшего инженерного совета России, член экспертного совета ВАК по машиностроению, член экспертного совета РНФ по инженерным наукам, эксперт РАН и РИНКЦЭ, автор более 350 научных работ, в том числе 15 монографий, 27 статей, рецензируемых в международных базах Scopus и Web of Science, 150 статей в базах РИНЦ, 125 патентов и авторских свидетельств. Удостоен звания «Почетный работник высшего профессионального образования РФ»



Леонид Алексеевич подготовил 2 доктора, 30 кандидатов наук. Является научным руководителем 11 аспирантов, 7 докторантов и соискателей. Основные научные интересы связаны с развитием научных направлений по многофазной смазке, роторной динамике, проектированию мехатронных устройств роторных агрегатов, применению мехатронных и интеллектуальных технологий в управлении движением элементов электромеханических систем.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

УДК 534.1

А.В. КОШЕЛЕВ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ВИБРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЗА СЧЕТ НИЗКОЧАСТОТНОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Аннотация. Решается задача повышения надежности и стабильности работы вибрационных технологических машин. Рассматриваются причины снижения надежности механических центробежных вибровозбудителей. Для возбуждения механических колебаний рабочего органа вибромашины предлагается параметрический резонансный роторно-маятниковый возбудитель. Исследуется динамика и основные характеристики указанного устройства. Показано, что при настройке на комбинационный параметрический резонанс, частота вынуждающей сила инерции меньше частоты вращения ротора на 25%–50%. Это позволяет снизить коэффициент трения и момент сопротивления приводного вала, повысить надежность и энергоэффективность привода. Определена оптимальная величина коэффициента частоты маятников, обеспечивающая наименьшее значение порога возбуждения параметрического резонанса.

Приводятся результаты численного моделирования в виде амплитудно-частотных характеристик и зависимостей частот генерации от частоты параметрического возбуждения. Установлено, что при увеличении демпфирования на рабочем органе происходит расширение резонансной зоны, что обеспечивает абсолютную устойчивость резонансного режима колебаний. Сумма собственных частот маятников и рабочего органа удовлетворяет условию комбинационного параметрического резонанса на всем диапазоне изменения частоты возбуждения.

Ключевые слова: резонанс, вибрационная машина, параметрическое возбуждение, колебания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асташев, В.К. Авторезонансное вибровозбуждение синхронным электродвигателем / В.К. Асташев, В.И. Бабицкий, И.Я. Соколов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1990. – № 4. – С. 41–46.
2. Антипов, В.И. О принципах создания энергосберегающих вибрационных машин / В.И. Антипов, В.К. Асташев // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2004. – № 4. – С. 3–8.
3. Антипов, В.И. Энергетические соотношения в вибрационной машине на многократном комбинационном параметрическом резонансе / В.И. Антипов, Н.Н. Денцов, А.В. Кошелев // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 5. – С. 188–194.
4. Кошелев, А.В. Эффективность вибрационной измельчительной машины с параметрическим возбуждением / А.В. Кошелев // Вестник Машиностроения. – 2016. – № 5. – С. 27–32.
5. Патент РФ №2410167 МКИ В 06 В 1/16 Способ возбуждения резонансных механических колебаний и устройство для его осуществления (варианты). / Антипов, В.И., Антипова, Р.И., Наумов, В.И., Палашова, И.В. Бюл. №3, 2011.
6. Шмидт, Г. Параметрические колебания / Г. Шмидт. М.: Мир, 1978. – 336 с.
7. Патент РФ №2604005 В02С Вибрационная измельчительная машина / Кошелев, А.В., Ермолаев, А.А. Бюл. №34, 2016.
8. Патент РФ №2072661 МКИ В 06 В 1/16 Вибровозбудитель / Антипов, В.И.: Бюл. №3, 1997.
9. Антипов, В.И. Динамика параметрически возбуждаемой вибрационной машины с изотропной упругой системой / В.И. Антипов, Н.Н. Денцов, А.В. Кошелев // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8, часть 5. – С. 1037–1042.
10. Пановко, Г.Я. Динамика вибрационных технологических процессов / Г.Я. Пановко. – М. –Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. – 176 с.
11. Ланда, П.С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы / П.С. Ланда. – М., 1980. – 360 с.
12. Antipov, V.I. Dynamic of vibration machines with combinational parametric excitation / V.I. Antipov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2001. – № 2. – P.13–17.

Кошелев Александр Викторович

Арзамасское научно-производственное предприятие «Темп-Авиа».
Кандидат технических наук, научный сотрудник
607220, г. Арзамас, ул. Кирова, 26
8-910-895-33-91

A.V. KOSHELEV

IMPROVEMENT OF RELIABILITY AND STABILITY OF WORK VIBRATION TECHNOLOGICAL MACHINES FOR THE ACCOUNT OF LOW-FREQUENCY PARAMETRIC EXCITATION

Abstract. *The task of increasing the reliability and stability of the operation vibrating technological machines is being solved. The reasons for the decrease in the reliability of mechanical centrifugal vibro-exciter are considered. A parametric resonant rotary-pendulum exciter is proposed to excite mechanical vibrations of the vibrator working body. The dynamics and basic characteristics of the device are investigated. It is shown that when tuning to a combination parametric resonance, the frequency of the driving force of inertia is less than the rotational speed of the rotor by 25%–50%. This reduces the friction coefficient and torque of the drive shaft resistance, improves the reliability and energy efficiency of the drive. The optimal value of the coefficient of the frequency of the pendulums is determined, which ensures the lowest value of the excitation threshold for parametric resonance.*

Results of numerical modeling in the form of amplitude-frequency characteristics and dependences of generation frequencies on the frequency of parametric excitation are presented. It is established that with increasing damping on the working organ, an expansion of the resonance zone occurs, which ensures the absolute stability of the resonance mode of oscillations. The sum of the natural frequencies of the pendulums and the working element satisfies the condition of Raman parametric resonance over the entire range of the excitation frequency.

Keywords: resonance, vibration machine, parametric excitation, fluctuation.

BIBLIOGRAPHY

1. Astashev, V.K. Avtozonansnoye vibrovozbuzhdeniye sinkhronnym elektrodvigatelem / V.K. Astashev, V.I. Babitskiy, I.YA. Sokolov // Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin. – 1990. – № 4. – S. 41–46.
2. Antipov, V.I. O printsipakh sozdaniya energosberegayushchikh vibratsionnykh mashin / V.I. Antipov, V.K. Astashev // Problemy mashinostroyeniya i nadozhnosti mashin. – 2004. – № 4. – S. 3–8.
3. Antipov, V.I. Energeticheskiye sootnosheniya v vibratsionnoy mashine na mnogokratnom kombinatsionnom parametricheskom rezonanse / V.I. Antipov, N.N. Dentsov, A.V. Koshelev // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. – 2013. – № 5. – S. 188–194.
4. Koshelev, A.V. Effektivnost vibratsionnoy izmelchitelnoy mashiny s parametricheskimi vozbuzhdeniyem / A.V. Koshelev // Vestnik Mashinostroyeniya. – 2016. – № 5. – S. 27–32.
5. Patent RF №2410167 MKI V 06 V 1/16 Sposob vozbuzhdeniya rezonansnykh mekhanicheskikh kolebaniy i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya (varianty). / Antipov, V.I., Antipova, R.I., Naumov, V.I., Palashova, I.V. Byul. №3, 2011.
6. Shmidt, G. Parametricheskiye kolebaniya / G. Shmidt. M.: Mir, 1978. – 336 s.
7. Patent RF №2604005 V02S Vibratsionnaya izmelchitel'naya mashina / Koshelev, A.V., Yermolayev, A.A. Byul. №34, 2016.
8. Patent RF №2072661 MKI V 06 V 1/16 Vibrovozbuditel / Antipov, V.I.: Byul. №3, 1997.
9. Antipov, V.I. Dinamika parametricheski vozbuzhdayemoy vibratsionnoy mashiny s izotropnoy uprugoy sistemoy / V.I. Antipov, N.N. Dentsov, A.V. Koshelev // Fundamentalnyye issledovaniya. – 2014. – № 8, chast 5. – S. 1037–1042.
10. Panovko, G.YA. Dinamika vibratsionnykh tekhnologicheskikh protsessov / G.YA. Panovko. – M. – Izhevsk: NITS «Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika», Institut kompyuternykh issledovaniy, 2006. – 176 s.
11. Landa, P.S. Avtokolebaniya v sistemakh s konechnym chislom stepeney svobody / P.S. Landa. – M., 1980. – 360 s.
12. Antipov, V.I. Dynamic of vibration machines with combinational parametric excitation / V.I. Antipov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2001. – № 2. – R.13–17.

Koshelev Aleksandr Viktorovich

Arzamas Scientific-Production Enterprise «Temp-Avia».

Candidate of Technical Sciences, Researcher

607220, Arzamas, ul. Kirova, 26

8-910-895-33-91

E-mail: koshelevav88@mail.ru

УДК 539.375

ЛЕ ТХИ ТХАНЬ, И.М. ЛАВИТ

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КРАЕВОЙ ТРЕЩИНЕ

В ПОЛУПЛОСКОСТИ

Аннотация. *Предлагается численный метод, позволяющий достаточно просто определить коэффициент интенсивности напряжений, а также поля напряжений, деформаций и перемещений в полуплоскости с краевой трещиной. Метод основан на представлении поставленной задачи как композиции задачи о трещине в плоскости и задаче о полуплоскости, нагруженной по граничному контуру (Ирвин). Полученную систему интегральных уравнений удается преобразовать в одно интегральное уравнение типа Фредгольма, которое решается методом Галеркина. Исследована точность численного решения, построено распределение интенсивности напряжений в окрестности кончика трещины.*

Ключевые слова: *трещина, полуплоскость, интегральные уравнения, метод Галеркина.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koiter, W.T. On the flexural rigidity of a beam weakened by transverse saw cuts / W.T. Koiter // Proc. Royal Neth. Acad. of Sciences. – 1956. – B 59. – P. 354–374.
2. Wigglesworth, L.A. Stress distribution in a notched plate / L.A. Wigglesworth // Mathematika. – 1957. – V. 4. – P. 76–96.
3. Irwin, G.R. The crack–extension force for a crack at a free surface boundary / G.R. Irwin // U. S. Naval Research Lab. – 1958. – Rept. 5120.
4. Hartranft, R.J. Alternating method applied to edge and surface crack problems / R.J. Hartranft, G.C. Sih // Methods of analysis and solutions of crack problems. – Leyden: Noordhoff Int. Publ., 1973. – P. 179–238.
5. Stallybrass, M.P. A crack perpendicular to an elastic half–plane / M.P. Stallybrass // Int. J. Engng Sci. – 1970. – V. 8. – P. 351–362.
6. Панасюк, В.В. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках / В.В. Панасюк, М.П. Саврук, А.П. Дацышин. – Киев: Наукова думка, 1976. – 443 с.
7. Нобл, Б. Применение метода Винера–Хопфа для решения дифференциальных уравнений в частных производных / Б. Нобл. – М.: ИЛ, 1962. – 279 с.
8. Sneddon, I.N. The stress intensity factor at the tip of an edge crack in an elastic half–plane / I.N. Sneddon, S.C. Das // Int. J. Engng Sci. – 1971. – V. 9. – P. 25–36.
9. Михлин, С.Г. Приближенные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений / С.Г. Михлин, Х.Л. Смолицкий. – М.: Наука, 1965. – 384 с.
10. Мусхелишвили, Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н.И. Мусхелишвили. – М.: Наука, 1966. – 708 с.
11. Ле Тхи Тхань. Напряженное состояние полуплоскости, нагруженной по граничному контуру / Ле Тхи Тхань, И.М. Лавит // Труды международной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». Воронеж, 2015. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – С. 82–84.
12. Бейтмен, Г. Высшие трансцендентные функции. 1. Гипергеометрическая функция. Функции Лежандра / Г. Бейтмен, А. Эрдейи. – М.: Наука, 1973. – 296 с.
13. Качанов, Л.М. Основы теории пластичности / Л.М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.

Ле Тхи Тхань

Тульский государственный университет, кафедра
вычислительной механики и математики
300012, Тула, просп. Ленина, 92
Аспирант
Тел.: (84872)33–24–88
E-mail: le_thanh221@mail.ru

Лавит Игорь Михайлович

Тульский государственный университет, кафедра
вычислительной механики и математики
300012, Тула, просп. Ленина, 92
Профессор
Тел.: (84872)33–24–88
E-mail: IgorLavit@yandex.ru

LE THI THANH, I.M. LAVIT

THE NUMERICAL METHOD FOR A HALF–PLANE WITH EDGE CRACK PROBLEM SOLUTION

Abstract. *The numerical method easily calculating a stress intensity factor and fields of stress, strain and displacement in a half–plane with edge crack, is suggested. The method is based on composition of problem on a plane with internal crack and problem on a half–plane loading on boundary contour (Irwin). Received system of integral equations is transformed to single Fredholm type integral equation solved with Galerkin method. The accuracy of numerical solution has been researched; the disposition of stress intensity in crack tip neighborhood has been constructed.*

Keywords: *crack, half–plane, integral equations, Galerkin method.*

BIBLIOGRAPHY

1. Koiter, W.T. On the flexural rigidity of a beam weakened by transverse saw cuts / W.T. Koiter // Proc. Royal Neth. Acad. of Sciences. – 1956. – B 59. – P. 354–374.
2. Wigglesworth, L.A. Stress distribution in a notched plate / L.A. Wigglesworth // Mathematika. – 1957. – V. 4. – P. 76–96.
3. Irwin, G.R. The crack–extension force for a crack at a free surface boundary / G.R. Irwin // U. S. Naval Research Lab. – 1958. – Rept. 5120.
4. Hartranft, R.J. Alternating method applied to edge and surface crack problems / R.J. Hartranft, G.C. Sih // Methods of analysis and solutions of crack problems. – Leyden: Noordhoff Int. Publ., 1973. – P. 179–238.
5. Stallybrass, M.P. A crack perpendicular to an elastic half–plane / M.P. Stallybrass // Int. J. Engng Sci. – 1970. – V. 8. – P. 351–362.
6. Panasjuk, V.V. Raspredelenie naprjazenii okolo treschin v plastinah i obolochkah / V.V. Panasjuk, M.P. Savruk, A.P. Datsishin. – Kiev: Naukova dumka, 1976. – 443 s.
7. Nobl, B. Primenenie metoda Vinera–Hopfa dlja reshenija differentsialnih uravnenii v chastnih proizvodnih / B. Nobl. – M.: IL, 1962. – 279 s.
8. Sneddon, I.N. The stress intensity factor at the tip of an edge crack in an elastic half–plane / I.N. Sneddon, S.C. Das // Int. J. Engng Sci. – 1971. – V. 9. – P. 25–36.
9. Mikhlin, S.G. Priblizennye metody reshenija differentsialnih i integralnih uravnenii / S.G. Mikhlin, H.L. Smolitskii. – M.: Nauka, 1965. – 384 s.
10. Muskhelishvili, N.I. Nekotore osnovnie zadachi matematicheskoi teorii uprugosti / N.I. Muskhelishvili. – M.: Nauka, 1966. – 708 s.
11. Le Thi Thanh. Naprjazennoe sostojanie poluploskosti, nagruzennoi po granichnomu konturu / Le Thi Thanh, I.M. Lavit // Trudi mezhdunarodnoi konferentsii «Aktualnie problemi prikladnoi matematiki, informatiki i mehaniki». Voronez, 2015. – Voronez: Izd–vo VGU. – S. 82–84.
12. Beitmen, G. Vishie transtsendentnie funktsii. 1. Gipergeometricheskaja funktsija. Funktsii Lezandra / G. Beitmen, A. Erdeiy. – M.: Nauka, 1973. – 296 s.
13. Kachanov, L.M. Osnovi teorii plastichnosti / L.M. Kachanov. – M.: Nauka, 1969. – 420 s.

Le Thi Thanh

Tula State University, department of computational mechanics and mathematics
300012, Tula, Lenin ave., 92
Postgraduate student
Tel: (84872)33–24–42
E–mail: le_thanh221@mail.ru

Lavit Igor Mikhailovich

Tula State University, department of computational mechanics and mathematics
300012, Tula, Lenin ave., 92
Professor
Tel: (84872) 33–24–88
E–mail: IgorLavit@yandex.ru

УДК 628.165: 532.528

А.К. СУХОВ, А.В. ДОЛОГЛОНЯН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КАВЕРН ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ И СОЛОНОВОЙ ВОДЫ

Аннотация. Разработан способ использования управляемых гидродинамических каверн для опреснения морской и солоноватой воды.

Ключевые слова: гидродинамические каверны, кавитация, опреснение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухов, А.К. Использование гидродинамических каверн в составе теплообменного оборудования АЭС и ТЭС / А.К. Сухов, А.В. Дологлонян // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ИПТС. – 2016. – Вып. 6 (26). – С. 133–138.
2. Буйвол, В.Н. Об уравнениях возмущений границы каверны, движущейся вблизи твердой стенки / В.Н. Буйвол, П.М. Степанский // Гидромеханика. – 1973. – Вып. 24. – С. 51–56.
3. Логвинов, Г.В. Гидродинамика кавитационных течений с возмущениями / Г.В. Логвинов, В.Н. Буйвол. – Киев, 1977. – С. 16–28.
4. Немчин, А.Ф. Испарение жидкостей в режиме суперкавитации / А.Ф. Немчин, А.С. Могинский // – Двухфазные потоки в энергетических машинах и аппаратах: Сборник трудов Всесоюзной науч.–техн. конфер. Секц. II. Л. – 1985. – С. 273–276.

5. Kim, Y. Series assembly of microbial desalination cells containing stacked electro dialysis cells for partial or complete seawater desalination / Y. Kim, B.E. Logan // Environ. Sci. Technol. – 2011. – 45 (13). – P. 5840–5845.
6. Слесаренко, В.Н. Современные методы опреснения морских и соленых вод / В.Н. Слесаренко. – М.: Энергия, 1973. – 248с.
7. Вукалович, М.П. Термодинамика / М.П. Вукалович, И.И. Новиков. – М.: Машиностроение, 1972. – 672 с.

Дологлонян Андрей Вартазарович

ФГБНУ Институт природно-технических систем
Российской Федерации, г. Севастополь
Кандидат технических наук, старший научный
сотрудник
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Сухов Андрей Константинович

ФГБНУ Институт природно-технических систем
Российской Федерации, г. Севастополь
Доктор технических наук, главный научный
сотрудник
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

A.K. SUHOV, A.V. DOLOGLONYAN

USE OF THE MANAGED HYDRODYNAMIC CAVITIES FOR DESALTING OF SEA AND SALTISH WATER

Abstract. *The method of use of the managed hydrodynamic cavities is developed for desalting of sea and saltish water.*

Keywords: *hydrodynamic cavities, cavitation, desalting.*

BIBLIOGRAPHY

1. Sukhov, A.K. Ispolzovaniye gidrodinamicheskikh kavern v sostave teploobmennogo oborudovaniya AES i TES / A.K. Sukhov, A.V. Dologlonyan // Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy. – Sevastopol: IPTS. – 2016. – Vyp. 6 (26). – S. 133–138.
2. Buyvol, V.N. Ob uravneniyakh vozmushcheniy granitsy kaverny, dvizhushcheysya vblizi tverдой stenki / V.N. Buyvol, P.M. Stepanskiy // Gidromekhanika. – 1973. – Vyp. 24. – S. 51–56.
3. Logvinov, G.V. Gidrodinamika kavitatsionnykh techeniy s vozmushcheniyami/ G.V. Logvinov, V.N. Buyvol. – Kiyev, 1977. – S. 16–28.
4. Nemchin, A.F. Ispareniye zhidkostey v rezhime superkavitatsii / A.F. Nemchin, A.S. Moginskiy // – Dvukhfaznyye potoki v energeticheskikh mashinakh i apparatakh: Sbornik trudov Vsesoyuznoy nauch.-tekhn. konfer. Sekts. II. L. – 1985. – S. 273–276.
5. Kim, Y. Series assembly of microbial desalination cells containing stacked electro dialysis cells for partial or complete seawater desalination / Y. Kim, B.E. Logan // Environ. Sci. Technol. – 2011. – 45 (13). – P. 5840–5845.
6. Slesarenko, V.N. Sovremennyye metody opresneniya morskikh i solenyykh vod / V.N. Slesarenko. – М.: Energiya, 1973. – 248s.
7. Vukalovich, M.P. Termodinamika / M.P. Vukalovich, I.I. Novikov. – М.: Mashinostroyeniye, 1972. – 672 s.

Dologlonyan Andrey Vartazarovich

FSBSI Institute of nature-technical systems of Russian
Federation, Sevastopol
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Suhov Andrey Konstantinovich

FSBSI Institute of nature-technical systems of Russian
Federation, Sevastopol
Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

УДК 629.114.4

Ю.Н. БАРЫШНИКОВ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗГРУЗКИ АВТОМОБИЛЯ–САМОСВАЛА

Аннотация. *Разработана математическая модель разгрузки автомобиля–самосвала. До начала движения груза (разгрузки) подъем платформы рассмотрен как квазистатический процесс. Из уравнений равновесия и геометрических соотношений получены аналитические выражения для расчета силового взаимодействия платформы и рамы автомобиля. При движении груза как монолитной глыбы математическая модель построена на основе уравнений Лагранжа в виде системы дифференциальных уравнений. После принятия ряда допущений ее решение удалось существенно упростить. Предложен*

алгоритм решения задачи, реализующий метод пошагового изменения параметров. Приведены результаты расчета усилий в гидроцилиндрах при разгрузке карьерного самосвала БелАЗ.

Ключевые слова: автомобиль–самосвал, математическая модель, разгрузка, нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Erz, K. Über die durch Unebenheiten der Fahrbahn hervorgerufene Verdrehung von Strassenfahrzeugen // Automobilltechnik Z. – 1957. – Bd.59. – № 4. – S. 89–96.
2. Павловский, Я. Автомобильные кузова / Я. Павловский. – М.: Машиностроение, 1977. – 544 с.
3. Тесер, Е. Кузова большегрузных автомобилей / Е. Тесер. – М.: Машиностроение, 1979. – 232 с.
4. Барышников, Ю.Н. Экспресс–анализ нагрузок при наезде автомобиля на неровности дороги / Ю.Н. Барышников // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана, Электрон. журнал. – 2014. – № 8 – С. 224–236.
5. Барышников, Ю.Н. Повышение долговечности несущих систем автомобилей–самосвалов особо большой грузоподъемности / Ю.Н. Барышников, Э.И. Григолюк, Л.Г. Сухомлинов // Автомобильная промышленность. – 1986. – № 8 – С. 15–16.
6. Белокуров, В.Н. Автомобили–самосвалы / В.Н. Белокуров, О.В. Гладков, А.А. Захаров, А.С. Мелик–Саркисянц. – М.: Машиностроение, 1987. – 216 с.
7. Барышников, Ю.Н. Численное моделирование процесса разгрузки карьерных самосвалов / Ю.Н. Барышников // Естественные и технические науки. – 2015. – №11(89) – С. 57–59.

Барышников Юрий Николаевич

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, г. Москва

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая механика» им. проф. Н.Е.Жуковского

Тел. +7(499) 263–63–75

E–mail: mhnts@list.ru

Yu.N. BARYSHNIKOV

MATHEMATICAL MODEL OF THE UNLOADING CAR–TRUCK

Abstract. *A mathematical model of unloading a dump truck is developed. Before the movement (unloading) of cargo, the lifting of the platform is considered as a quasi–static process. From the equations of equilibrium and geometric relationships, analytical expressions are derived for calculating the force interaction between the platform and the car frame. When the cargo moves as a monolithic block, the mathematical model is constructed on the basis of the Lagrange equations in the form of a system of differential equations. After the adoption of a number of assumptions, its solution was substantially simplified. An algorithm for solving the problem is proposed that implements the method of incremental change of parameters. The results of calculation of forces in hydraulic cylinders during unloading of BelAZ mining dump truck are given.*

Keywords: *dump truck, a mathematical model, unloading, loading.*

BIBLIOGRAPHY

1. Erz, K. Über umirayet. Unebenheiten der Fahrbahn hervorgerufene Verdrehung von Strassenfahrzeugen // Automobilltechnik Z. – 1957. – Bd.59. – № 4. – S. 89–96.
2. Pavlovskiy, YA. Avtomobilnyye kuzova / YA. Pavlovskiy. – M.: Mashinostroyeniye, 1977. – 544 s.
3. Teser, Ye. Kuzova bolshegruznykh avtomobiley / Ye. Teser. – M.: Mashinostroyeniye, 1979. – 232 s.
4. Baryshnikov, YU.N. Ekspress–analiz nagruzok pri nayeзде avtomobilya na nerovnosti dorogi / YU.N. Baryshnikov // Nauka i obrazovaniye. MGТУ im. N.E. Bauman, Elektron. zhurnal. – 2014. – №8 – S. 224–236.
5. Baryshnikov, YU.N. Povyscheniye dolgovechnosti nesushchikh sistem avtomobiley–samosvalov osobo bolshoy gruzopod'yemnosti / YU.N. Baryshnikov, E.I. Grigolyuk, L.G. Sukhomlinov // Avtomobilnaya promyshlennost. – 1986. – № 8 – S. 15–16.
6. Belokurov, V.N. Avtomobili–samosvaly / V.N. Belokurov, O.V. Gladkov, A.A. Zakharov, A.S. Melik–Sarkisyants. – M.: Mashinostroyeniye, 1987. – 216 s.
7. Baryshnikov, YU.N. Chislennoye modelirovaniye protsessа razgruzki karyernykh samosvalov / YU.N. Baryshnikov // Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki. – 2015. – №11 (89) – S. 57–59.

Baryshnikov Yuriy Nikolaevich

Moskovskiy gosudarstvenniy tekhnicheskiy universitet im. N.E.Bauman, g. Moskva

Kandidat tekhnicheskikh nauk, dotsent kafedry «Teoreticheskaya mehanika» im. prof. N.E.Zhukovskogo

Ph.: +7(499) 263–63–75

E–mail: mhnts@list.ru

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ

УДК 621.71.027

И.В. ХРОМОВ, В.Г. ХРОМОВ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ СТАЛЬНОЙ КАНАТНОЙ ПРОВОЛОКИ

Аннотация. На основе численных экспериментов исследуется эффективность использования комбинированной функции при решении задач проектирования технологических процессов свивки стальных канатов с учетом действительной диаграммы растяжения проволоки.

Ключевые слова: диаграмма растяжения, стальные канаты, проволока, упругопластические деформации, аппроксимирующая функция.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаренко, Н.К. Регулирование остаточного технологического момента в канатах предварительным кручением // Машиностроение. – М.: ИВУЗ, 1972. – №11. – С. 109 – 112.
2. Ветров, А.П. Изготовление канатов с преформацией прядей / А.П. Ветров, Н.К. Гончаренко // Черная металлургия. – М.: Ин-т Черметинформация, 1973. – Сер. 9. – Вып. 3. – 22 с.
3. Ветров, А.П. Напряженно-деформированное состояние в упругопластической стадии нагружения / А.П. Ветров, В.Г. Хромов // Машиностроение. – М.: ИВУЗ, 1977. – №4 – С. 14 – 18.
4. Chromov, W. Verwendung des Integralverfahrens für das Plastische Fließen eines Stabs zur Berechnung des Verseilvorgangs / W. Chromov, J. Wulkau, W. Geuricke // Neue Hütte. – 1984. – № 29 – Heft 1. – S. 21–22.
5. Хромов, В.Г. Механика процесса холодной упругопластической деформации стержня: учеб. пособие. – К.: УМК ВО, 1990. – 50 с.
6. Хромов, В.Г. Анализ напряженно-деформированного состояния винтового стержня при растяжении с учетом пластических свойств материала / В.Г. Хромов, В.В. Поляков // Проблемы прочности. – 2003. – № 4 (364). – С. 129 – 134.
7. Хромов, И. В. Компьютерное моделирование процессов упругопластической деформации проволоки при намотке // Проблемы прочности. – 2003. – № 6 (366). – С. 134 – 139.
8. Хромов, И.В. Анализ напряженного состояния круглого тонкостенного цилиндра при сложном нагружении и нелинейном упрочнении материала // Проблемы прочности. – 2009. – №3. – С. 58 – 65.
9. Хромов, И.В. Совершенствование методов решения задач технологической механики стержня с использованием нелинейной модели упрочнения материала // Проблемы машиностроения. – 2009. – №3. – С. 62 – 66.
10. Хромов, В.Г. Выбор аппроксимирующей функции для диаграммы растяжения материала в задачах технологической механики стержня / В.Г. Хромов, И.В. Хромов // Вестн. СевГУ: сб. науч. тр. – Севастополь, 2007. – Вып. 80: Механика, энергетика, экология. – С. 20 – 22.
11. Shitkow, D.G., Pospelov I.T. DRAHTSEILE / D. G. Shitkow, I. T. Pospelov // VEB Verlag Technik, Berlin, 1957. – 340 s.
12. Качанов, Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
13. Филин, А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. В 2 т. Т.1 – М.: Наука, 1975. – 832 с.
14. Корнілов, О. Опір матеріалів. – К.: Логос, 2000. – 551с.
15. Reckling K.A. Plastizitätstheorie und ihre Anwendung auf Festigkeitsprobleme. – Springer – Verlag, Berlin / Heidelberg / New York, 1967. – 361 s.
16. Грачев, В.П. Сложное нагружение канатной проволоки из упрочняющегося материала при двухзвенном деформировании // Прочность и долговечность стальных канатов. – К.: Техника, 1975. – С. 49 – 55.
17. Грачев, В.П. Сопоставление некоторых теорий пластичности для случая сложного нагружения канатной проволоки // Прочность и долговечность стальных канатов. – К.: Техника, 1975. – С. 56 – 59.
18. Бохонский, А.И. Аналитические решения задач упругопластического изгиба элементов креплений объектов военной техники / А.И. Бохонский, А.В. Исаев, Т.В. Мозолева // Сб. науч. тр. Севастопольского ВМИ им. П.С. Нахимова. – Севастополь, 2003. – Вып. 2. – С. 14 – 20.

Хромов Владимир Гаврилович

ФГАОУ ВО «Севастопольский

государственный университет»,

г. Севастополь

Доктор технических наук, профессор кафедры

технической механики и машиноведения

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел.: +78692435161

E-mail: v.g.khromov@mail.ru

Хромов Илья Владимирович

ФГАОУ ВО «Севастопольский

государственный университет»,

г. Севастополь

кандидат технических наук, доцент кафедры

технической механики и машиноведения

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел.: +78692435161

E-mail: i.v.khromov@mail.ru

V.G. KHROMOV, I.V. KHROMOV

ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF COMBINED FUNCTION WHEN MODELING THE STRESS – STRAIN DIAGRAM OF A STEEL WIRE

Abstract. *The paper deals with the investigation of efficiency when using combined function in solving problems for designing the technological processes of wire rope production. The research has been done on the basis of numerical experiments and taking into account actual stress-strain diagram of a wire.*

Keywords: *stress-strain diagram, steel wire ropes, wire, elastoplastic deformations, approximating function.*

BIBLIOGRAPHY

1. Goncharenko, N.K. Regulirovanie ostatochnogo tekhnologicheskogo momenta v kanatah predvaritel'nym krucheniem // Mashinostroenie. – M.: IVUZ, 1972. – №11. – S. 109 – 112.
2. Vetrov, A.P. Izgotovlenie kanatov s preformaciej pryadej / A.P. Vetrov, N.K. Goncharenko // Chernaya metallurgiya. – M.: In-t Chermetinformatsiya, 1973. – Ser. 9. – Vyp. 3. – 22 s.
3. Vetrov, A.P. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie v uprugoplasticheskoy stadii nagruzheniya / A.P. Vetrov, V.G. Hromov // Mashinostroenie. – M.: IVUZ, 1977. – №4 – S. 14 – 18.
4. Chromov, W. Verwendung des Integralverfahrens fur das Plastische Fliesen eines Stabs zur Berechnung des Verseilvorgangs / W. Chromov, J. Wulkau, W. Geuricke // Neue Hutte. – 1984. – № 29 – Heft 1. – S. 21–22.
5. Khromov, V.G. Mehanika protsessa holodnoy uprugoplasticheskoy deformatsii sterzhnya: ucheb. posobie. – K.: UMK VO, 1990. – 50 s.
6. Khromov, V.G. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya vintovogo sterzhnya pri rastyazhenii s uchetom plasticheskikh svoystv materiala / V.G. Khromov, V.V. Polyakov // Problemy prochnosti. – 2003. – № 4 (364). – S. 129 – 134.
7. Khromov, I. V. Kompyuternoe modelirovanie protsessov uprugoplasticheskoy deformatsii provoloki pri namotke // Problemy prochnosti. – 2003. – № 6 (366). – S. 134 – 139.
8. Khromov, I.V. Analiz napryazhennogo sostoyaniya kruglogo tonkostennogo cilindra pri slozhnom nagruzhenii i nelinejnom uprochnenii materiala // Problemy prochnosti. – 2009. – №3. – S. 58 – 65.
9. Khromov, I.V. Sovershenstvovanie metodov resheniya zadach tekhnologicheskoy mekhaniki sterzhnya s ispolzovaniem nelinejnoj modeli uprochneniya materiala // Problemy mashinostroeniya. – 2009. – №3. – S. 62 – 66.
10. Khromov, V.G. Vybor approksimiruyushchej funktsii dlya diagrammy rastyazheniya materiala v zadachah tekhnologicheskoy mekhaniki sterzhnya / V.G. Khromov, I.V. Khromov // Vestn. SevGTU: sb. nauch. tr. – Sevastopol, 2007. – Vyp. 80: Mekhanika, ehnergetika, ehkologiya. – S. 20 – 22.
11. Shitkow, D.G., Pospeshov I.T. DRAHTSEILE / D. G. Shitkow, I. T. Pospeshov // VEB Verlag Technik, Berlin, 1957. – 340 s.
12. Kachanov, L.M. Osnovy teorii plastichnosti. – M.: Nauka, 1969. – 420 s.
13. Filin, A.P. Prikladnaya mekhanika tverdogo deformiruемого tela. V 2 t. T.1 – M.: Nauka, 1975. – 832 s.
14. Kornilov, O. Opir materialiv. – K.: Logos, 2000. – 551s.
15. Reckling K.A. Plastizitatstheorie und ihre Anwendung auf Festigkeitsprobleme. – Springer – Verlag, Berlin / Heidelberg / New York, 1967. – 361 s.
16. Grachev, V.P. Slozhnoe nagruzhenie kanatnoj provoloki iz uprochnyayushchegosya materiala pri dvuhzvennom deformirovanii // Prochnost i dolgovechnost stalnykh kanatov. – K.: Tekhnika, 1975. – S. 49 – 55.
17. Grachev V.P. Sopostavlenie nekotorykh teorii plastichnosti dlya sluchaya slozhnogo nagruzheniya kanatnoj provoloki // Prochnost i dolgovechnost stalnykh kanatov. – K.: Tekhnika, 1975. – S. 56 – 59.
18. Bokhonskij, A.I. Analiticheskie resheniya zadach uprugoplasticheskogo izgiba ehlementov kreplenij ob"ektov voennoj tekhniki / A.I. Bokhonskij, A.V. Isaev, T.V. Mozolevskaya // Sb. nauch. tr. Sevastopolskogo VMI im. P.S. Nahimova. – Sevastopol, 2003. – Vyp. 2. – S. 14 – 20.

Khromov Vladimir Gavrilovich

Khromov Ilya Vladimirovich

Sevastopol State University,
Doctor of Techn. Sciences, Professor of the Department
«Technical Mechanics and Science of Machines»,
Sevastopol, Universitetskaya, 33
Tel. +7869243561
E-mail: v.g.khromov@mail.ru

Sevastopol State University,
PhD, Associate Professor of the Department «Technical
Mechanics and Science of Machines»,
Sevastopol, Universitetskaya, 33
Tel. +7869243561
E-mail: i.v.khromov@mail.ru

УДК 539.3, 53.044

А.А. ТРЕЩЕВ, А.В. БАШКАТОВ, В.Г. ТЕЛИЧКО

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО–ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

Аннотация. В настоящей статье рассматривается построение конечно–элементной модели определения напряженно–деформированного состояния армированных плит в условиях действия активной деформации и простого нагружения в сочетании с длительным воздействием хлоридсодержащей эксплуатационной среды. При решении данной задачи учитывается нелинейная чувствительность основного материала (бетона) к виду напряженного состояния, пластические деформации в арматуре, деградация защитного полимербетона при воздействии внешней агрессивной среды.

Ключевые слова: армированные плиты, нелинейные материалы, полимербетон, кинетика агрессивных сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трещев, А.А. Теория деформирования и прочности материалов с изначальной и наведенной чувствительностью к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения / А.А. Трещев. – М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2016. – 326 с.
2. Матченко, Н.М. Определяющие соотношения изотропных разносопротивляющихся сред. Ч. 2. Нелинейные соотношения / Н.М. Матченко, Л.А. Толоконников, А.А. Трещев // Изв. РАН. МТТ. – 1999. – №4. – С. 87–95.
3. Артемов, А.Н. Поперечный изгиб железобетонных плит с учетом трещин / А.Н. Артемов, А.А. Трещев // Изв. вузов. Строительство. – 1994. – №9 – 10. – С. 7–12.
4. Карпенко, Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами / Н.И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
5. Пенина, О.В. Определение долговечности и резерва несущей способности нелинейно–упругих пластинок при изгибе в агрессивных средах / В.В. Петров, О.В. Пенина // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2008. – №4. – С. 16 – 22.
6. Теличко, В.Г. Гибридный конечный элемент для расчета плит и оболочек с усложненными свойствами / В.Г. Теличко, А.А. Трещев // Известия вузов. Строительство. – 2003. – № 5 – С. 17–23.
7. Cook, R.D. Two hybrid elements for analysis of thick thin and sandwich plates // Int. J. num. Meth. Engng. – 1972. – Vol. 5. – P. 277–288.
8. Трещев, А.А. Построение математической модели деформирования комплексной железобетонной плиты с полимербетонным слоем под действием агрессивной среды / А.А. Трещев, В.Г. Теличко, А.В. Башкатов // Вестник МГСУ. – 2014. – №3 – С. 126–132.
9. Теличко, В.Г. Моделирование напряженно–деформированного состояния оболочечных конструкций из железобетона / В.Г. Теличко, А.А. Трещев // Известия ТулГУ. Сер. Строительные материалы, конструкции и сооружения. – Тула: Изд–во ТулГУ. – 2005. – Вып. 8. – С. 147–161.
10. Петров, В.В. Теория наведенной неоднородности и ее приложения к проблеме устойчивости пластин и оболочек / В.В. Петров, В.К. Иноземцев, Н.Ф. Синева. – Саратов: Изд–во СаратовГТУ, 1996. – 311 с.
11. Селяев, П.В. Диаграммы деформирования композиционных материалов при воздействии жидких агрессивных сред / П.В. Селяев // Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред: Саратов, Саратов. гос. техн. ун–т. – 2006. – С.46–52.

Трещев Александр Анатольевич
ФГБОУ ВО «ТулГУ», Тула
Доктор технических наук,
профессор, зав. кафедрой
«Строительства, строительных
материалов и конструкций»
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92
Тел. +7(4872) 25–71–08;
E-mail: taa58@yandex.ru

Башкатов Александр Валерьевич
ФГБОУ ВО «ТулГУ», г. Тула
Ассистент кафедры «Строительства,
строительных материалов и
конструкций»
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92
Тел. +7(4872) 25–71–08;
E-mail: a.bashkatov90@mail.ru

Теличко Виктор Григорьевич
ФГБОУ ВО «ТулГУ», г. Тула
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Строительства,
строительных материалов и
конструкций»
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92
Тел. +7(4872) 25–71–08;
E-mail: katanv@yandex.ru

A.A. TRESHCHEV, A.V. BASHKATOV, V.G. TELICHKO

DEFINITION OF STRESS–STRAIN STATE OF COMPOSITE REINFORCED SLAB MADE OF NON–LINEAR MATERIAL TAKING INTO ACCOUNT EXPOSURE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENT

Abstract. *The paper aims to develop the finite element model of stress–strain state of reinforced slab under active deformation and simple loading added to long–term exposure of chloride–containing environment. The model takes into consideration non–linear sensitivity of the main material (concrete) to the type of stress state, plastic strain in reinforcement steel and degeneration of protective resin concrete on exposure to aggressive environment.*

Keywords: *reinforced slab, non–linear materials, resin concrete, kinetics of aggressive environments.*

BIBLIOGRAPHY

1. Treshhev, A.A. Teorija deformirovanija i prochnosti materialov s iznachalnoj i navedennoj chuvstvitel'nostju k vidu naprjazhennogo sostojanija. Opredel'jajushhie sootnoshenija / A.A. Treshhev. – M.; Tula: RAASN; TulGU, 2016. – 326 s.
2. Matchenko, N.M. Opredel'jajushhie sootnoshenija izotropnyh raznosoprotivljajushhihsja sred. Ch. 2. Nelinejnye sootnoshenija / N.M. Matchenko, L.A. Tolokonnikov, A.A. Treshhev // Izv. RAN. MTT. – 1999. – №4. – S. 87–95.
3. Artemov, A.N. Poperechnyj izgib zhelezobetonnyh plit s uchetom treshhin / A.N. Artemov, A.A. Treshhev // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 1994. – №9 – 10. – S. 7–12.
4. Karpenko, N.I. Teorija deformirovanija zhelezobetona s treshhinami / N.I. Karpenko. – M.: Strojizdat, 1976. – 208 s.
5. Penina, O.V. Opredelenie dolgovechnosti i rezerva nesushhej sposobnosti nelinejno–uprugih plastinok pri izgibe v agressivnyh sredah / V.V. Petrov, O.V. Penina // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2008. – №4. – S. 16 – 22.
6. Telichko, V.G. Gibridnyj konechnyj jelement dlja rascheta plit i oboloček s uslozhnennymi svojstvami / V.G. Telichko, A.A. Treshhev // Izvestija vuzov. Stroitel'stvo. – 2003. – № 5 – S. 17–23.
7. Cook, R.D. Two hybrid elements for analysis of thick thin and sandwich plates // Int. J. num. Meth. Engng. – 1972. – Vol. 5. – P. 277–288.
8. Treshhev, A.A. Postroenie matematičeskoj modeli deformirovanija kompleksnoj zhelezobetonnoj plity s polimerbetonnym sloem pod dejstviem agressivnoj sredy / A.A. Treshhev, V.G. Telichko, A.V. Bashkatov // Vestnik MGSU. – 2014. – №3 – S. 126–132.
9. Telichko, V.G. Modelirovanie naprjazhenno–deformirovannogo sostojanija oboločočnyh konstrukcij iz zhelezobetona / V.G. Telichko, A.A. Treshhev // Izvestija TulGU. Ser. Stroitel'nye materialy, konstrukcii i sooruzhenija. – Tula: Izd–vo TulGU. – 2005. – Vyp. 8. – S. 147–161.
10. Petrov, V.V. Teorija navedennoj neodnorodnosti i ee prilozhenija k probleme ustojčivosti plastin i oboloček / V.V. Petrov, V.K. Inozemcev, N.F. Sineva. – Saratov: Izd–vo SaratGTU, 1996. – 311 s.
11. Seljaev, P.V. Diagrammy deformirovanija kompozicionnyh materialov pri vozdejstvii zhidkih agressivnyh sred / P.V. Seljaev // Problemy prochnosti jelementov konstrukcij pod dejstviem nagruzok i rabochih sred: Saratov, Sarat. gos. tehn. un–t. – 2006. – S.46–52.

Treshchev Alexander Anatolievich
FSEI HE «TulGU», Tula
Grand PhD in Engineering sciences,
Professor, head of chair
«Construction, Building Materials
and Structures»
300012, Tula, prospekt Lenina, 92
Ph. +7(4872) 25–71–08;
E–mail: taa58@yandex.ru.

Bashkatov Aleksander Valerievich
FSEI HE «TulGU», Tula
Assistant lecturer of chair
«Construction, Building Materials
and Structures»
300012, Tula, prospekt Lenina, 92
Ph. +7(4872) 25–71–08;
E–mail: a.bashkatov90@mail.ru

Telichko Victor Grigorievich
FSEI HE «TulGU», Tula
PhD in Engineering sciences,
Associate Professor of chair
«Construction, Building Materials
and Structures»
300012, Tula, prospekt Lenina, 92
Ph. +7(4872) 25–71–08;
E–mail: katanv@yandex.ru.

УДК 539.4.016:669.14.018.29

А.М. ИВАНОВ, Е.С. ЛУКИН

ДИССИПАЦИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СУПЕРИНВАРА 32НКД

Аннотация. Как известно, пластическая деформация металлических материалов сопровождается выделением энергии в виде теплоты. С точки зрения термодинамики, данный процесс может рассматриваться как диссипация совершенной механической работы. Вопрос о том, какая часть работы идет на формоизменение деформируемого материала, а какая рассеивается в виде теплоты – остается открытым. В настоящей статье рассматриваются вопросы диссипации энергии при пластической деформации образцов из суперинвара 32НКД в исходном состоянии, а также после упрочнения методом равноканального углового прессования (РКУП). Показано, что снижение пластичности сплава в результате РКУП, также приводит к снижению удельной работы пластической деформации, поглощенной материалом энергии и энергии рассеивающейся в виде теплоты. При этом, доля поглощенной удельной энергии e_s для исходного 32НКД составляет меньшую часть от удельной работы пластической деформации a_p , а в случае упрочнения посредством РКУП e_s составляет большую часть от a_p .

Ключевые слова: суперинвар, энергия, диссипация, равноканальное угловое прессование, прочность, пластичность.

Работа выполнена в рамках научного проекта № III.28.1.1 Программы № III.28.1 фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Taylor, G.I. The latent energy remaining in a metal after cold working / G.I. Taylor, H. Quinney // Proc. Roy. Soc. – 1934. – V. ACXLIII. – P. 307–326.
2. Pieczyska, E.A. Rate of energy storage during consecutive deformation of steel / E.A. Pieczyska, S.P. Gadaj, W.K. Nowacki // Quantitative infrared thermography: Proc. Eurotherm Seminar. – Reims, France. – 2000. – P. 260–264.
3. Иванов, А.М. Прочность и диссипация энергии при пластической деформации образцов из трубной стали / А.М. Иванов, Е.С. Лукин // Живучесть и конструкционное материаловедение. Том 1: труды межд. конф. – М.: Изд-во ИМАШ РАН. – 2012. – С.111–114.
4. Бриджмен, П.В. Исследование больших пластических деформаций и разрыва / П.В. Бриджмен. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. – 444 с.
5. Сегал, В.М. Развитие обработки материалов интенсивной сдвиговой деформацией / В.М. Сегал // Металлы. – 2004. – № 1. – С. 5–14.
6. Валиев, Р.З. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – М.: Академкнига, 2007. – 398 с.
7. Глезер, А.М. Принципы создания многофункциональных конструкционных материалов нового поколения / А.М. Глезер // Успехи физических наук. – 2012. – Т. 182. – №5. – С. 559–566.
8. Ivanov, A.M. Investigation of the stored energy change of steel Fe360 subjected to equal-channel angular pressing / A.M. Ivanov, E.S. Lukin // Materials Science and Engineering A. – 2009. – V. 503. – Nos. 1–2. – P. 45–47.
9. Пашинская, Е.Г. Диссипация энергии при растяжении стали Ст3, полученной интенсивной пластической деформацией путем прокатки со сдвигом / Е.Г. Пашинская, В.М. Ткаченко, А.В. Завдовеева // Физика и техника высоких давлений. – 2016. – Т. 26. – № 1–2. – С. 20–26.
10. Ivanov, A.M. Evaluation of storage energy of the constructional steel during plastic deformation / A.M. Ivanov, E.S. Lukin, B.G. Vainer // Book of Abstracts of 8th conference on «Quantitative InfraRed Thermography» (QIRT 2006). – Padova, Italy. – 2006. – P. 10–11.

Иванов Афанасий Михайлович

ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН»
Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
677980, Россия, г. Якутск, ул. Октябрьская, 1
Тел.: +7(4112)390579
E-mail: a.m.ivanov@iptpn.ysn.ru, iam53@mail.ru

Лукин Евгений Саввич

ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН»
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
677980, Россия, г. Якутск, ул. Октябрьская, 1
Тел.: +7(4112)390575
E-mail: ktm78lukin@yandex.ru, lukin@iptpn.ysn.ru

A.M. IVANOV, E.S. LUKIN

DISSIPATION OF ENERGY DURING PLASTIC DEFORMATION OF SUPERINVAR 32NKD

Abstract. *As is known, plastic deformation of metallic materials is accompanied by the release of energy in the form of heat. From the point of view of thermodynamics, this process can be regarded as a dissipation of mechanical work. The question of what part of the work is going on to shape the deformed material, and which is dissipated in the form of heat – remains open. Energy costs during plastic deformation of samples made by superinvar alloy 32NKD in initial condition and the condition after equal channel angular pressing (ECAP) are considered. It is shown that a decrease in the plasticity of the alloy as a result of ECAP reduces the specific work of plastic deformation, stored energy and heat dissipated energy. In this case, the part of the stored specific energy e_s for the alloy 32NKD in initial state is a smaller part of the specific work of plastic deformation a_p . And in the case after ECAP, the stored energy e_s is a bigger part of the specific work of plastic deformation a_p .*

Keywords: *superinvar, energy, dissipation, equal-channel angular pressing, strength, plasticity.*

BIBLIOGRAPHY

1. Teylor G.I. Skrytaya energiya, ostayushchayasya v metalle posle kholodnoy obrabotki / G.I. Teylor, KH. Kuinni // Proc. Roy. Soc. – 1934. – V. ACXLIII. – S. 307–326.
2. Pieczyska, E.A. Skorost khraneniya energii pri posledovatelnoy deformatsii stali / E.A. Pieczyska, S.P. Gadaj, W.K. Nowacki // Kolichestvennaya infrakrasnaya termografiya: Proc. Seminar Eurotherm. – Reyms, Frantsiya. – 2000. – S. 260–264.
3. Ivanov, A.M. Prochnost i dissipatsiya energii pri plasticheskoy deformatsii obraztsov iz trubnoy stali / A.M. Ivanov, Ye.S. Lukin // Zhivuchest i konstruktsionnoye materialovedeniye. Tom 1: trudy mezhd. konf. – M.: Izd-vo IMASH RAN. – 2012. – S.111–114.
4. Bridzhmen, P.V. Issledovaniye bolshikh plasticheskikh deformatsiy i razryva / P.V. Bridzhmen. – M.: Izd-vo inostrannoy literatury, 1955. – 444 s.
5. Segal, V.M. Razvitiye obrabotki materialov intensivnoy sdvigovoy deformatsiyei / V.M. Segal // Metally. – 2004. – № 1. – S. 5–14.
6. Valiyev, R.Z. Ob'yemnyye nanostrukturnyye metallicheskiye materialy: polucheniye, struktura i svoystva / R.Z. Valiyev, I.V. Aleksandrov. – M.: Akademkniga, 2007. – 398 s.
7. Glezer, A.M. Printsipy sozdaniya mnogofunktsionalnykh konstruktsionnykh materialov novogo pokoleniya / A.M. Glezer // Uspekhi fizicheskikh nauk. – 2012. – T. 182. – №5. – S. 559–566.
8. Ivanov, A.M. Issledovaniye izmeneniya zapasennoy energii stali Fe360, podvergnutogo ravnokanalnomu uglovomu pressovaniyu / A.M. Ivanov, E.S. Lukin // Materialovedeniye i inzheneriya A. – 2009. – V. 503. – № 1–2. – S. 45–47.
9. Pashinskaya, Ye.G. Dissipatsiya energii pri rastyazhenii stali St3, poluchennoy intensivnoy plasticheskoy deformatsii putem prokatki so sdvigom / Ye.G. Pashinskaya, V.M. Tkachenko, A.V. Zavdoveyeva // Fizika i tekhnika vysokikh davleniy. – 2016. – T. 26. – № 1–2. – S. 20–26.
10. Ivanov, A.M. Otsenka energii khraneniya stroitelnoy stali pri plasticheskoy deformatsii / A.M. Ivanov, E.S. Lukin B.G. Vayner // Kniga tezisev 8-y konferentsii «Kolichestvennaya infrakrasnaya termografiya» (QIRT 2006). – Paduya, Italiya. – 2006. – S. 10–11.

Ivanov Afanasiy Mikhailovich

V.P. Larionov Institute of Physical and Technical
Problems of the North Russian Academy of Sciences,
Siberian Branch
Candidate of Technical Sciences
Phone: +7 (4112) 390579
E-mail: a.m.ivanov@iptpn.ysn.ru, iam53@mail.ru

Lukin Evgeny Savvich

V.P. Larionov Institute of Physical and Technical
Problems of the North Russian Academy of Sciences,
Siberian Branch
Candidate of Technical Sciences
Phone: +7 (4112) 390575
E-mail: lukin@iptpn.ysn.ru, ktm78lukin@yandex.ru

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК: 621.7.07.08

Р.В. АНИСИМОВ, Н.В. КАНАТНИКОВ, М.В. СМОЛЯКОВ, Г.А. ХАРЛАМОВ,
П.А. КАНАТНИКОВА, А.С. ПАШМЕНТОВА

ТЕМПЕРАТУРА ПРИ ЗУБОДОЛБЛЕНИИ КОЛЕС С ВНУТРЕННИМИ НЕЭВОЛЬВЕНТНЫМИ ЗУБЬЯМИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ

Аннотация. В процессе зубодолбления колес с внутренними незвольвентными зубьями формируется сложная стружка, что приводит к повышению температуры в зоне резания. Помимо увеличения износа инструмента, температуры влияют на точность обработки. Таким образом, для оценки стойкости специального режущего инструмента и качества обработки важно прогнозировать значения максимальных температур и тепловых потоков. В работе представлена модель прогнозирования тепловых процессов, возникающих при зубодолблении колес с внутренними незвольвентными зубьями. Модель основана на синтезе метода пространственного отображения схемы резания и метода конечных элементов. Для верификации результатов работы, результаты моделирования сравнивались с результатами экспериментального измерения температур. Данная работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) №16–38–00420/16–мол–а.

Ключевые слова: резание, зубодолбление, незвольвентные зубчатые колеса с внутренними зубьями, аналитическое моделирование процесса резания, численное моделирование процесса резания, температура резания, тепловые потоки

Коллектив авторов выражает благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований (РФФИ) за оказанную финансовую поддержку при выполнении гранта № 16–38–00420–мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов, Р.В. Силы резания при зубодолблении колес с внутренними зубьями незвольвентного профиля / Р.В. Анисимов, А.С. Тарапанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – № 5. – С. 86–93.
2. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
3. Резников, А.Н. Теплофизика резания / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1969. – 279 с.
4. Gerth, J. On the wear of PVD-coated HSS hobs in dry gear cutting / J. Gerth // Wear. – 2009. – Т. 266. – № 3. – С. 444–452.
5. Rech, J. Influence of cutting edge preparation on the wear resistance in high speed dry gear hobbing / J. Rech // Wear. – 2006. – Т. 261. – № 5. – С. 505–512.
6. Bouzakis, K.D. Determination of chip geometry and cutting forces in gear hobbing by a FEM-based simulation of the cutting process / K.D. Bouzakis // Proceedings of the 8th CIRP International Workshop on Modeling of Machining Operations, Chemnitz. – 2005. – С. 49–58.
7. Bouzakis, K.D. Manufacturing of cylindrical gears by generating cutting processes: A critical synthesis of analysis methods / K.D. Bouzakis // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2008. – Т. 57. – № 2. – С. 676–696.
8. Харламов, Г.А. Теория проектирования процессов лезвийной обработки / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2003.
9. Klocke, F. Tool load during multi-flank chip formation / F. Klocke, C. Gorgels, S. Herzhoff // Advanced Materials Research. – 2011. – Т. 223. – С. 525–534.
10. Johnson, G.R. Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures / G.R. Johnson, W.H. Cook // Engineering fracture mechanics. – 1985. – Т. 21. – № 1. – С. 31–48.

Анисимов Роман Викторович
Мценский филиал ФГБОУ ВО
«ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Инженерно
технические дисциплины»
302030, г. Мценск, ул. Тургенева, 196
Тел.: + 7 (953) 4184242

Канатников Никита Владимирович
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.
Тургенева» г. Орел
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Конструкторско–
технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

Смоляков Максим Валерьевич
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.
Тургенева» г. Орел, аспирант
кафедры «Информационные
системы»
302026, г. Орел, ул.
Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 419895

E-mail: roman.anisim@gmail.com

Тел.: + 7 (4862) 419895

E-mail: NKanatnikov@yandex.ru

E-mail:

maxim.smolyakov1993@yandex.ru

Харламов Геннадий Андреевич
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных
производств»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail: awj@list.ru

Канатникова Полина Андреевна
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
магистр кафедры «Информационные
системы»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail: Polka190@yandex.ru

Пашментова Анна Сергеевна
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
аспирант кафедры
«Конструкторско-
технологическое обеспечение
машиностроительных
производств»
302026, г. Орел, ул.
Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail: adjourn@yandex.ru

R.V. ANISIMOV, N.V. KANATNIKOV, M.V. SMOLYAKOV, G.A. HARLAMOV,
P.A. KANATNIKOVA, A.S. PASHMENTOVA

TEMPERATURE FOR SHAPING OF GEARS WITH INTERNAL NON- INVOLUTE TEETH: SIMULATION AND VERIFICATION

Abstract. *During shaping process of gears with internal non-involute teeth, complex chips are formed, which leads to increasing temperature in the cutting zone. In addition to increasing tool wear, high temperatures affect the accuracy of the treatment. Thus, to evaluate the stability of a special cutting tool and the quality of processing, it is important to predict the values of maximum temperatures and heat flows. The paper presents a model for predicting the thermal processes of shaping arising with gear teeth with internal non-involute teeth. The model is based on the synthesis of the method of spatial mapping of the cutting scheme and the finite element method. To verify the results of the work, the simulation results were compared with the results of experimental temperature measurements. This work was supported by a grant from the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) No. 16-38-00420/16-mol-a.*

Keywords: *cutting, shaping, gears with internal non-involute teeth, analytical modeling of the cutting process, numerical modeling of the cutting process, cutting temperature, heat flows*

BIBLIOGRAPHY

1. Anisimov, R.V. Sily rezaniya pri zubodolbleniya koles s vnutrennimi zubyami neevolventnogo profilya / R.V. Anisimov, A.S. Tarapanov // *Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologiy.* – 2012. – № 5. – S. 86–93.
2. Reznikov A.N. Teplovyye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh / A.N. Reznikov, L.A. Reznikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1990. – 288 s.
3. Reznikov A.N. Teplofizika rezaniya / A.N. Reznikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1969. – 279 s.
4. Gerth, J. O iznose varochnykh paneley HSS s PVD-pokrytiyem v sukhom reduktore / J. Gerth // *Wear.* – 2009. – T. 266. – № 3. – S. 444–452.
5. Rech, J. Vliyaniye podgotovki kromki na soprotivleniye iznosu pri vysokoskorostnom sukhom zubchatom khodu / J. Rech // *Iznos.* – 2006. – T. 261. – № 5. – S. 505–512.
6. Bouzakis, K.D. Opredeleniye geometrii kristalla i sily rezaniya pri vrashchenii reduktora metodom FEM na osnove protsessa rezaniya / K.D. Buzakis // *Materialy 8-go mezhdunarodnogo seminaru CIRP po modelirovaniyu obrabatyvayushchikh operatsiy, Khemnits.* – 2005. – S. 49–58.
7. Buzakis, K.D. Izgotovleniye tsilindricheskikh zubchatykh koles putem generatsii protsessov rezaniya: kriticheskiy sintez metodov analiza / K.D. Bouzakis // *Tekhnologiya CIRP Annals–Manufacturing.* – 2008. – T. 57. – № 2. – S. 676–696.
8. Kharlamov, G.A. Teoriya proyektirovaniya protsessov lezviynoy obrabotki / G.A. Kharlamov, A.S. Tarapanov. – M.: Mashinostroyeniye, 2003.
9. Klocke, F. Nagruzka instrumenta vo vremya formirovaniya mnogogrannykh kristallov / F.Klocke, C.Gorgels, S. Herzhoff // *Advanced Materials Research.* – 2011. – T. 223. – S. 525–534.
10. Johnson, G.R. Kharakteristiki razrusheniya trekh metallov, podvergnutykh razlichnym deformatsiyam, skorostyam deformatsii, temperaturam i davleniyam / G.R. Johnson, W.H. Kuk // *Mekhanika mekhanicheskogo razrusheniya.* – 1985. – T. 21. – № 1. – S. 31–48.

Anisimov Roman Viktorovich
Mtsensk branch «OSU named after
I.S. Turgenev» Orel
Cand. of Tech. Sc., Head of the
Department «Engineering

Kanatnikov Nikita Vladimirovich
«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
Cand. of Tech. Sc., associate professor
of the department «Design–
technological maintenance of

Smolyakov Maksim Valeryevich
«OSU named after I.S. Turgenev» Orel,
postgraduate student of the
Department «Information systems»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

Technical Disciplines»
302030, Mtsensk, Turgeneva st., 196
Ph.: + 7 (953) 4184242
E-mail: roman.anisim@gmail.com

mechanical engineering productions»,
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: NKanatnikov@yandex.ru

Тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail:
maxim.smolyakov1993@yandex.ru

Harlamov Gennadiy Andreevich
«OSU named after I.S. Turgenev»
Orel
Doc. of Tech. Sc., professor
of the department «Design–
technological maintenance of
mechanical engineering
productions»,
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: awj@list.ru

Kanatnikova Polina Andreevna
«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
master second year students of the
Department «Information systems»
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: Polka190@yandex.ru

Pashmentova Anna Sergeevna
«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
postgraduate student of the Department
«Design–technological maintenance of
mechanical engineering productions»
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: adjourn@yandex.ru

УДК 921.623.1

Я.И. СОЛЕР, ЧИ КИЕН НГУЕН

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ШЛИФУЕМОСТИ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. Представлены результаты оценки шлифуемости алюминиевых сплавов: 1933Т2, В95очТ2, 5052, 6061 при плоском шлифовании кругами Norton из карбида кремния черного 37С80К12VP с применением методов статистики. Шлифуемость алюминиевых сплавов представлена по трем параметрам шероховатости: R_a , R_{max} и S_m , каждый из которых оценен мерами положения и рассеяния. Установлено, что по этим мерам предпочтению следует отдать высокопрочным алюминиевым сплавам. Предсказано, что при шлифовании сплава 1933Т2 обеспечивается наилучшее качество поверхности по медианам и квартильным широтам.

Ключевые слова: плоское шлифование, алюминиевый сплав, абразивный круг, шероховатость, непараметрическая статистика, медиана, мера рассеяния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суслов, А.Г. Инженерия поверхности деталей – резерв в повышении конкурентности машин / А.Г. Суслов // Инженерный журнал. – 2001. – № 4. Приложение. – С. 3–9.
2. Безъязычный, В.Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин / В.Ф. Безъязычный // Инженерный журнал. – 2001, – № 4. – С. 9–16.
3. Дунин–Барковский, И.В. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И.В. Дунин–Барковский, А.Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
4. Суслов, А.Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей машин, технологической оснастки и инструментов / А.Г. Суслов // Инженерный журнал, 2000. – № 1. – С. 6–13.
5. Носенко, В.А. Физико–механические основы обрабатываемости шлифованием d–переходных металлов: Дис. ... докт. техн. наук: 05.03.01 / Волж. инж. –строит. ин–т. Волжский, 2000. – 399 с.
6. Правиков, Ю.М. Повышение эффективности операций шлифования путем снижения засаливания рабочей поверхности шлифовального круга (на примере шлифования заготовок из алюминиевых сплавов): Дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Ульян. политехн. ин–т. Ульяновск, 1982. – 244 с.
7. Салов, П.М. Повышение эффективности заточки, круглого и плоского шлифования с продольной подачей: Дис... докт. техн. наук: 05.02.08, 05.03.01. – Самарский техн. ун–т. Самара, 1998. – 497 с.
8. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы / Ю.М. Зубарев. – СПб: Изд–во Лань, 2008. – 224 с.
9. ГОСТ Р 52587–2006. Инструмент абразивный. Обозначения и методы измерения твердости. Введен 2006.06.11. М.: Стандартинформ, 2007. – 9 с.
10. ГОСТ Р 52381–2005. Материалы абразивные. Зернистость и зерновой состав шлифовальных порошков. Контроль зернового состава. Введен 2005.27.10. – М.: Стандартинформ, 2005. – 15 с.
11. Старков, В.К. Шлифование высокопористыми кругами / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 2007. – 688 с.
12. Солер, Я.И. Влияние поперечной подачи при маятниковом шлифовании деталей из алюминиевого сплава В95очТ2 на микрорельеф поверхности / Я.И. Солер, Нгуен Чи Киен // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 12 (107). – С.99–106.

13. Soler, Ya I. The assessment sandability aluminum alloys 1933T2 and V95ochT2 highly porous wheel for Norton 37C46K12VP steps parameters microughnesses / Ya I. Soler, Nguyen Chi Kien. // International Scientific Review. – 2015. – № 2.(3). – P.12–18.
14. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. Введ.01.11.1975. Взамен ГОСТ 2789–1959. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 10 с.
15. Носенко, В.А. Технология шлифования металлов: монография / В.А. Носенко, С.В. Носенко. Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 616 с.
16. Унянин, А.Н. Научное и технологическое обеспечение шлифования заготовок из пластичных сталей и сплавов с предотвращением засаливания абразивных кругов: дис...д-ра техн. наук: 05.03.01. Ульяновск: УлГТУ. – 2006. – С. 41–49.
17. Инженерия поверхности / Колл. авт.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
18. Совершенство абразивных технологий. Каталог Norton, 2009. – 429 с.
19. ГОСТ 25142–82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 20 с.
20. ГОСТ Р ИСО 5726–1–2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерения. Ч.1. Основные понятия и определения. Введ.01.11.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 24 с.
21. Холлендер, М. Непараметрические методы статистики / М. Холлендер, Д. Вулф. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 506 с.
22. Закс, Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
23. Уилер, Д. Статистическое управление процессами/ Д. Уилер, Д.Чамберс. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с.

Солер Яков Иосифович

ФГБОУ ВО Иркутский национальный
исследовательский технический университет
Кандидат технических наук, доцент кафедры
технологии и оборудования машиностроительных
производств
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул.
Лермонтова, 83.
Тел. 8 (3952) 40–54–59
E-Mail: solera@istu.irk.ru

Нгуен Чи Киен

ФГБОУ ВО Иркутский национальный
исследовательский технический университет
Аспирант кафедры технологии и оборудования
машиностроительных производств
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул.
Лермонтова, 83.
Тел. 8 (3952) 40–54–59
E-Mail: chikien89irk@gmail.com

Ya.I. SOLER, CHI KIEN NGUYEN

STATISTICAL ESTIMATIONS GRINDABILITY OF FLAT DETAILS FROM ALUMINUM ALLOYS

Abstract. *The results of the evaluation of the grindability of aluminum alloys are presented: 1933T2, V95ochT2, 5052, 6061 at flat grinding Norton wheels silicon carbide black 37C80K12VP using statistical methods. The grindability of aluminum alloys is represented by three roughness parameters: R_a , R_{max} and S_m , each of which is estimated by measures of position and scattering. It has been established that measures should give preference to high-strength aluminum alloys. It is predicted that when grinding a 1933T2 alloy, the best quality of the surface is provided for medians and quarter latitudes.*

Keywords: *flat grinding, aluminum alloy, abrasive wheel, roughness, nonparametric statistics, median, measure of dispersion.*

BIBLIOGRAPHY

1. Suslov, A.G. Inzheneriya poverkhnosti detaley – rezerv v povyshenii konkurentnosti mashin / A.G. Suslov // Inzhenernyy zhurnal. – 2001. – № 4. Prilozheniye. – S. 3–9.
2. Bezyazychnyy, V.F. Vliyaniye kachestva poverkhnostnogo sloya posle mekhanicheskoy obrabotki na ekspluatatsionnyye svoystva detaley mashin / V.F. Bez"yazychnyy // Inzhenernyy zhurnal. – 2001, – № 4. – S. 9–16.
3. Dunin–Barkovskiy, I.V. Izmereniya i analiz sherokhovatosti, volnistosti i nekruglosti poverkhnosti / I.V. Dunin–Barkovskiy, A.N. Kartashova. – М.: Mashinostroyeniye, 1978. – 232 s.
4. Suslov, A.G. Tekhnologicheskoye obespecheniye i povysheniye ekspluatatsionnykh svoystv detaley, tekhnologicheskoy osnastki i instrumentov / A.G. Suslov // Inzhenernyy zhurnal, 2000. – № 1. – S. 6–13.
5. Nosenko, V.A. Fiziko–mekhanicheskiye osnovy obrabatyvayemosti shlifovaniyem d–perekhodnykh metallov: Dis.... dokt. tekhn. nauk: 05.03.01 / Volzh. inzh. –stroit. in–t. Volzhskiy, 2000. – 399 s.
6. Pravikov YU.M. Povysheniye effektivnosti operatsiy shlifovalnogo kruga (na primere shlifovaniya zagotovok iz alyuminiyevykh splavov): Dis... kand. tekhn. nauk: 05.02.08 / Ulyan. politekhn. in–t. Ulyanovsk, 1982. – 244 s.
7. Salov, P.M. Povysheniye effektivnosti zatochki, kruglogo i ploskogo shlifovaniya s prodolnoy podachey: Dis... dokt. tekhn. nauk: 05.02.08, 05.03.01. – Samarskiy tekhn. un–t. Samara, 1998. – 497 s.

8. Zubarev, YU.M. *Sovremennyye instrumentalnyye materialy* / YU.M. Zubarev. – SPb: Izd-vo Lan, 2008. – 224 s.
9. GOST R 52587–2006. *Instrument abrazivnyy. Oboznacheniya i metody izmereniya tverdosti. Vveden* 2006.06.11. M.: Standartinform, 2007. – 9 s.
10. GOST R 52381–2005. *Materialy abrazivnyye. Zernistost i zernovoy sostav shlifovalnykh poroshkov. Kontrol zernovogo sostava. Vveden* 2005.27.10. – M.: Standartinform, 2005. – 15 s.
11. Starkov, V.K. *Shlifovaniye vysokoporistyykh krugami* / V.K. Starkov. – M.: Mashinostroyeniye, 2007. – 688 s.
12. Soler, YA.I. *Vliyaniye poperechnoy podachi pri mayatnikovom shlifovanii detaley iz alyuminiyevogo splava B95ochT2 na mikrorelyef poverkhnosti* / YA.I. Soler, Nguyen Chi Kiyen // *Vestnik IrGTU*. – 2015. – № 12 (107). – S.99–106.
13. Soler, Ya I. *Otsenochnyye shlifovalnyye alyuminiyevyye splavy 1933T2 i V95ochT2 vysokoporistyye kolea dlya Norton 37C46K12VP stupenchatyye parametry mikropronitsayemosti* / Ya I. Soler, Nguyen Chi Kien. // *Mezhdunarodnyy nauchnyy obzor*. – 2015. – № 2. (3). – s.12–18.
14. GOST 2789–73. *Sherokhovatost poverkhnosti. Parametry, kharakteristiki i oboznacheniya. Vved.* 01.11.1975. *Vzamen GOST 2789–1959*. – M.: Izd-vo standartov, 1973. – 10 s.
15. Nosenko, V.A. *Tekhnologiya shlifovaniya metallov: monografiya* / V.A. Nosenko, S.V. Nosenko. Staryy Oskol: TNT, 2012. – 616 s.
16. Unyanin, A.N. *Nauchnoye i tekhnologicheskoye obespecheniye shlifovaniya zagotovok iz plastichnykh staley i splavov s predotvrashcheniyem zasalivaniya abrazivnykh krugov: dis... d-ra tekhn. nauk: 05.03.01. Ulyanovsk: UIGTU*. – 2006. – S. 41–49.
17. *Inzheneriya poverkhnosti* / Koll. avt.; pod red. A.G. Suslova. – M.: Mashinostroyeniye, 2008. – 320 s.
18. *Sovershenstvo abrazivnykh tekhnologiy. Katalog Norton*, 2009. – 429 s.
19. GOST 25142–82. *Sherokhovatost poverkhnosti. Terminy i opredeleniya. Vved.* 01.01.1983. – M.: Izd-vo standartov, 1982. – 20 s.
20. GOST R ISO 5726–1–2002. *Tochnost (pravilnost i pretsizionnost) metodov i rezultatov izmereniya. CH.1. Osnovnyye ponyatiya i opredeleniya. Vved.* 01.11.2002. – M.: Izd-vo standartov, 2002. – 24 s.
21. Khollender, M. *Neparametricheskiye metody statistiki* / M. Khollender, D. Vulf. – M.: Finansy i statistika, 1983. – 506 s.
22. Zaks, L. *Statisticheskoye otsenivaniye* / L. Zaks. – M.: Statistika, 1976. – 598 s.
23. Uiler, D. *Statisticheskoye upravleniye protsessami* / D. Uiler, D.Chambers. – M.: Alpina Biznes Buks, 2009. – 409 s.

Soler Yakov Iosifovich

FGBOU PO Irkutsk National Research Technical University
Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Technology and Equipment of Machinery Production
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.
Tel.: 8 (3952) 40–54–59
E-mail: solera@istu.irk.ru

Nguyen Chi Kien

FGBOU PO Irkutsk National Research Technical University
Postgraduate of the Department of Technology and Equipment of Machinery Production
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.
Tel.: 8 (3952) 40–54–59
E-mail: chikien89irk@gmail.com

УДК 004.896:621

В.Ф. БУЛАВИН, Т.Г. БУЛАВИНА, В.В. ЯХРИЧЕВ

ВАЛИДАЦИЯ САД–ПРОДУКТОВ В МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА

Аннотация. В данной статье обобщается опыт адаптации отечественных САПР Компас–3D, ТП Вертикаль, линейка программ SPRUT и платформа Лоцман: КБ в условиях работы малых предприятий машиностроительного сектора Северо–Западного региона. Автоматизированное проектирование объединяет следующие этапы: конструкторский, технологический и инженерный анализ. Каждый из разделов выступает как самостоятельная единица, но переход к следующему шагу полностью базируется на предыдущем. Отечественное программное обеспечение позволяет во многих случаях полностью решить задачу автоматизированного проектирования. Адаптация пакетов САПР в условиях малых предприятий включает наполнение баз данных по выполненным проектам, деталям, элементам и узлам изделий машиностроительного сектора, распределение прав доступа, создание рабочих архивов, а также имеющегося в распоряжении оборудования и приспособлений.

Ключевые слова: малые предприятия, машиностроительный сектор, автоматизированное проектирование, 3D модели, конструкторская и технологическая подготовка производства, CALS–технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков, И. Ф. Системы автоматизированного технологического проектирования в мелкосерийном и серийном машиностроении / И. Ф. Ушаков. – Москва: ВНИИТЭМР, 2005. – С. 3–6.
2. Петров, И. Автоматизация архива предприятий. T-FLEX DOCs / И. Петров, В. Богач, И. Салимгареев // САПР и графика. – 2016. – № 1. – С. 52–55.
3. Быков, А. Задачи и инструменты валидации моделей для конструкторско-технологической подготовки производства / А. Быков, К. Карабчиев // САПР и графика. – 2016. – № 1. – С. 18–19.
4. Ловыгин, А. Будущее САМ-систем / Ловыгин А. // САПР и графика. – 2016. – № 1. – С. 8–17.
5. Дигитализация преобразует экономику и повышает эффективность инвестиционных проектов // САПР и графика. – 2016. – № 1. – С. 4–7.
6. Шичков, А. Н. Экономика и менеджмент инновационных процессов в регионе: монография / А. Н. Шичков. – Москва: ФИНАНСЫ И КРЕДИТ, 2008. – 360 с.
7. Казакова, С.А. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства изделий машиностроительного сектора в условиях малых предприятий / С.А. Казакова, М.Е. Благовестова, В. В. Яхричев, В.Ф. Булавин // Информационные технологии в управлении, автоматизации и мехатронике: сб. тр. междунар. научн.-техн. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т. Курск. – 2017. – С. 149–155.
8. Алямовский, А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А.А. Алямовский. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
9. Строгонов, В.Л. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства электроинструмента в условиях малых предприятий / В.Л. Строгонов, А.Ю. Карачев, В.В. Яхричев, В.Ф. Булавин // Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – № 12(10). – С. 119–125.
10. Зильбербург Л.И. Информационные технологии в проектировании и производстве / Л.И. Зильбербург, В.И. Молочник, Е.И. Яблочков – СПб: Политехника, 2008. – 304 с.

Булавин Вячеслав Федорович
Вологодский государственный
университет
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология
машиностроения»
160022, г. Вологда,
ул. С. Преминаина д.1
Тел. +7-951-733-86-69
E-mail: bulavin35@mail.ru

Булавина Тамара Георгиевна
Вологодский государственный
университет
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология
машиностроения»
160021, г. Вологда,
ул. Ярославская д.21
Тел. +7-921-120-18-31
E-mail: tamara.bulavina.53@mail.ru

Яхричев Виктор Васильевич
Вологодский государственный
университет
Старший преподаватель кафедры
«Технология машиностроения»
160024, г. Вологда,
ул. Дальняя, 20г
Тел. +7-921-231-19-36
E-mail: yahrichev@yandex.ru

V.F. BULAVIN, T.G. BULAVINA, V.V. YAHRICHEV

VALIDATION OF CAD PRODUCTS IN SMALL ENTERPRISES MACHINERY SECTOR

Abstract. *This article summarizes the experience of adaptation of the domestic CAD software Kompas-3D, Vertical, line of software products SPRUT and platform Lotsman: KB in the conditions of operation of small enterprises of machine-building sector of the North West region. Computer-aided design comprises the following stages: design, production and engineering analysis. Each section acts as an independent unit, but the transition to the next step based on the previous one. Domestic software allows in many cases to solve completely the problem of automatic design. Adaptation of CAD software packages in small businesses involves content of databases on completed projects, details, elements and components of the machine-building sector, distribution of access rights, creation of work of archives, as well as available equipment and accessories.*

Keywords: *small businesses, mechanical engineering sector, computer-aided design, 3D models, design and technological preparation of production, CALS-technologies.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ushakov I.I. F. Sistemy avtomatizirovannogo tekhnologicheskogo proyektirovaniya v melkoseriynom i seriynom mashinostroyenii / I. F. Ushakov. – Moskva: VNIITEMR, 2005. – S. 3–6.
2. Petrov, I. Avtomatizatsiya arkhiva predpriyatiy. T-FLEX DOCs / I. Petrov, V. Bogach, I. Salimgareyev // SAPR i grafika. – 2016. – № 1. – S. 52–55.

3. Bykov A. Zadachi i instrumenty validatsii modeley dlya konstruktorsko–tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva / A. Bykov, K. Karabcheyev // SAPR i grafika. – 2016. – № 1. – S. 18–19.
4. Lovygin A. Budushcheye CAM–sistem / Lovygin A. // SAPR i grafika. – 2016. – № 1. – S. 8–17.
5. Digitalizatsiya preobrazuyet ekonomiku i povyshayet effektivnost investitsionnykh proyektov // SAPR i grafika. – 2016. – №1. – С. 4–7.
6. Shichkov A.N. Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh protsessov v regione: monografiya / A.N. Shichkov. – Moskva: FINANSY i KREDIT, 2008. – 360 s.
7. Kazakova, S.A. Avtomatizatsiya konstruktorsko–tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva mashinostroitelnogo sektora v usloviyakh malykh predpriyatiy / S.A. Kazakova, M.Ye. Blagovestova, V.V. Yakhrichev, V.F. Bulavin // Informatsionnyye tekhnologii v upravlenii, avtomatizatsii i mekhanotronike: sb. tr. mezhdunar. nauchn.–tekhn. konf. – Kursk: Yugo–Zap. gos. un–t. Kursk. – 2017. – S. 149–155.
8. Alyamovskiy A.A. Modelirovaniye SolidWorks. Kak reshat prakticheskiye zadachi / A.A. Alyamovskiy. – SPb.: BKHV–Peterburg, 2012. – 448 s.: il.
9. Strogonov, V.L. Avtomatizatsiya konstruktorsko–tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva elektroinstrumenta v usloviyakh malykh predpriyatiy / V. L. Strogonov, A. YU. Karachev, V. V. Yakhrichev, V.F. Bulavin // Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii. – 2017. – № 12 (10). – С. 119–125.
10. Zilberburg L.I. Informatsionnyye tekhnologii v proyektirovanii i proizvodstve / L.I. Zilberburg, V.I. Molochnik, Ye.I. Yablochkov – SPb: Politehnika, 2008. – 304 s.

Bulavin Vyacheslav Fedorovich
Vologda state University
Ph.D, «Mechanical Engineering»
160022, Vologda,
Sergei Preminin street, 1
Ph.: +7–951–733–86–69
E–mail: bulavin35@mail.ru

Bulavina Tamara Georgievna
Vologda state University
Ph.D, «Mechanical Engineering »
160021, Vologda,
Yaroslavskaya street, 21
Ph.: +7–921–120–18–31
E–mail: tamara.bulavina.53@mail.ru

Yahrichev Victor Vasilyevich
Vologda state University
senior lecturer «Mechanical Engineering»
160024, Vologda,
Dalnya street, 20g
Ph.: +7–921–231–19–36
E–mail: yahrichev@yandex.ru

УДК 67.02

А.А. БАРЗОВ, А.Л. ГАЛИНОВСКИЙ, В.А. МОИСЕЕВ, Д.Р. МУГЛА, Р.В. ЯКОВЛЕВ

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО–ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДНОКОНТРОЛИРУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема реализации методов и средств информационно–диагностического обеспечения всех этапов для трудноконтролируемых производственных технологий, в частности рассмотрены методы на изделия из конструкционной композитной керамики (ККК). В настоящее время используемые методы технико–экономического анализа не всегда адекватно обеспечивают реализацию современных и перспективных информационно–диагностических технологий. Решение проблемы может быть найдено в применении вероятностной модели оптимизации информационно–диагностического обеспечения трудноконтролируемых технологических процессов, рассмотренной в статье.

Ключевые слова: Вероятностная модель, информационно–диагностическое обеспечение, надёжность, конструкционная композитная керамика, оптимизация, конструкторско–технологические решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hallquist, J.O. LS–DYNA theoretical manual. / J.O. Hallquist // Livermore Software Technologie Corporation, 2006. – 680 p.
2. Dijk, van P.J. Acoustics of Two–Phase Pipe Flows. / Dijk van P.J. // University of Twente, Enschede, 2005. 133 p.
3. Guihua, Hu. Numerical Simulation and Experimental Study of Liquid–Solid Two–Phase Flow in Nozzle of DIA Jet / Guihua Hu, Wenhua Zhu, Tao Yu, Jin Yuan. //Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Contemporary Intelligent Computing Techniques. Berlin Heidelberg:Springer. – 2008. – P. 92–100.
4. Барзов, А.А. Технология ультраструйной обработки и диагностики материалов / А.А. Барзов, А.Л. Галиновский. – Москва, Изд–во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 246 с.
5. Галиновский, А.Л. Применение гибридной диагностики для оценки эксплуатационных свойств композиционной керамики / А.Л. Галиновский, С.Г. Муляр, М.В. Хафизов // Известия вузов. Машиностроение. – 2012. – № 9. – С. 65–69.

6. Beckwith, D. J., In Erosion by Cavitation or Impingement / D. J. Beckwith, J.B. Marriott // American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM.
7. Барзов, А.А. Ультразвуковые технологии жидкостей и суспензий / А.А. Барзов, А.Л. Галиновский. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 250 с.
8. Тарасов, В.А. Эрозионное изнашивание обрабатываемой поверхности при циклическом нагружении потоком абразивных частиц / В.А. Тарасов, А.Л. Галиновский, В.М. Елфимов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2008. – С. 163–174.
9. Абашин, М.И. Ускоренное определение параметров качества поверхностного слоя материала изделий по результатам воздействия на него сверхзвуковой струи жидкости. Автореф.... дис. канд. техн. наук. / М.И. Абашин. – Москва, 2013. – 17 с.
10. Барзов, А.А. Эмиссионная технологическая диагностика / А.А. Барзов. – Москва, Машиностроение, 2005. – 384 с.

Барзов Александр Александрович
МГТУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва,
Доктор технических наук,
профессор, ведущий научный
сотрудник центра гидрофизических
исследований
Тел. 8(903)754-45-70
E-mail: a.a.barzov@gmail.com

Галиновский Андрей Леонидович
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
Доктор технических наук, доктор
педагогических наук, профессор
кафедра технологии ракетно–
космического машиностроения,
Тел. 8(926)048-10-74
E-mail: galcomputer@mail.ru

Моисеев Валерий Александрович
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва
Кандидат технических наук,
доцент, кафедра технологии
ракетно–космического
машиностроения
Тел. 8(903)2936370
E-mail: moiseev56@mail.ru

Яковлев Роман Владимирович
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва,
Студент, кафедра технологии
ракетно–космического
машиностроения, техник технолог
1й категории РКК “Энергия”,
Тел. 8(926)190-67-88
E-mail: yakovlevroman1994@gmail.com

Мугла Дарья Романовна
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
кафедра технологии ракетно–
космического машиностроения,
инженер,
Тел. 8(903)555-59-27
E-mail: kozeta-kozy@mail.ru

A.A. BARZOV, A.L. GALINOVSKY, D.R. MUGLA, V.A. MOISEEV, R.V. IAKOVLEV

A PROBABILISTIC MODEL (FEASIBILITY) OPTIMIZATION (STRUCTURE) INFORMATION-DIAGNOSTIC ENSURE A DIFFICULT-TO-CONTROL PROCESSES

Abstract. The article considers the actual problem of realization of methods and means of information-diagnostic ensure that all steps for difficult-to-control manufacturing technology, in particular the article considers methods for products made of structural ceramic composites (SCC). Currently used methods of technical and economic analysis is not always adequately ensure the implementation of modern and advanced information and diagnostic technologies. The solution can be found in the application of probabilistic optimization model of the information-diagnostic ensure a difficult-to-control of technological processes, discussed in the article.

Keywords: Probabilistic model, information and diagnostic software, reliability, structural ceramics composite, optimization, engineering and design solutions.

BIBLIOGRAPHY

1. Hallquist, J.O. Uchebnoye posobiye LS-DYNA. / J.O. Hallquist // Livermore Software Technologie Corporation, 2006. – 680 s.
2. Dijk, van P.J. Akustika dvukhfaznykh potokov trub. / Dijk van P.J. // University of Twente, Enschede, 2005. 133 s.
3. Guykhua, Khu. Chislennoye modelirovaniye i eksperimentalnoye issledovaniye dvukhfaznogo potoka zhidkoy fazy v soople DIA Jet / Guihua Hu, Wenhua Zhu, Tao Yu, Jin Yuan. // Rasshirennyye intellektualnyye vychislitelnyye teorii i prilozheniya. S Aspektami sovremennykh intellektualnykh vychislitelnykh tekhnologiy. Berlin Geydelberg: Springer. – 2008. – S. 92–100.
4. Barzov, A.A. Tekhnologiya ultrastruynoy obrabotki i diagnostiki materialov / A.A. Barzov A.L. Galinovskiy. – Moskva, Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2009. – 246 s.

5. Galinovskiy, A.L. Primeneniye gibridnoy diagnostiki dlya otsenki ekspluatatsionnykh svoystv kompozitsionnoy keramiki / A.L. Galinovskiy, S.G. Mulyar, M.V. Khafizov // Izvestiya vuzov. Mashinostroyeniye. – 2012. – № 9. – S. 65–69.
6. Beckwith, D. J., In Erosion by Cavitation ili Impingement / D. J. Beckwith, J.V. Marriott // Amerikanskoye obshchestvo po testirovaniyu i materialovedeniyu, Filadelfiya, Pensilvaniya, ASTM.
7. Barzov, A.A. Ultrastruynnye tekhnologii zhiadkostey i suspenziy / A.A. Barzov A.L. Galinovskiy. – M.: MGTU im. N.E. Baumana, 2009. – 250 s.
8. Tarasov, V.A. Erozionnoye iznashivaniye obrabatyvayemoy poverkhnosti pri tsiklicheskom nagruzhении potokom abrazivnykh chastits / V.A. Tarasov, A.L. Galinovskiy, V.M. Yelfimov // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. – 2008. – S. 163–174.
9. Abashin, M.I. Uskorennoye opredeleniye parametrov kachestva poverkhnostnogo sloya materiala po rezul'tatam vozdeystviya na nego sverkhzvukovoy strui zhidkosti. Avtoref.... dis. kand. tekhn. nauk. / M.I. Abashin. – Moskva, 2013. – 17 s.
10. Barzov, A.A. Emissionnaya tekhnologicheskaya diagnostika / A.A. Barzov. – Moskva, Mashinostroyeniye, 2005. – 384 s.

Barzov Alexander Aleksandrovich
MSU M. V. Lomonosov, Moscow,
Doctor of technical Sciences,
Professor, leading researcher of the
center of hydrophysical studies
Phone: 8(903)754–45–70
E-mail: a.a.barzov@gmail.com

Galinowski Andrey Leonidovich
Bauman MSTU, Moscow,
Doctor of technical sciences, doctor of
pedagogical Sciences, Professor of
Department of technology of rocket
and space engineering,
Tel: 8(926)048–10–74
E-mail: galcomputer@mail.ru

Moiseev Valery Aleksandrovich
Bauman MSTU, Moscow,
The candidate of technical
Sciences, associate Professor,
Department of technology of
rocket and space engineering
Phone: 8(903)2936370
E-mail: moiseev56@mail.ru

Mugla Daria Romanovna
BMSTU, Moscow, engineer,
Department of technology of rocket
and space engineering
Tel: 8(903)555–59–27
E-mail: kozeta-kozy@mail.ru

Iakovlev Roman Vladimirovich
Bauman MSTU, Moscow,
Student, Department of technology of
rocket and space engineering,
technologist, technician 1st category,
S.P. Korolev rocket and space
corporation «ENERGIA»
Tel: 8(926)190–67–88
E-mail: yakovlevroman1994@gmail.com

УДК 71.027

Е.В. ХРОМОВ, А.Ю. ГАРШИН

РАСЧЕТ ДОПУСТИМОГО НАТЯЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ ПРИ СВИВКЕ

Аннотация. Выполнены теоретические и экспериментальные исследования оценки величины предельно допустимого натяжения элементов стальных канатов при свивке.

Ключевые слова: степень преформации, технологическое натяжение, канатовьющая машина, свивка канатов, зарядная катушка, натяжение пряди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букштейн, М.А. Производство использования стальных канатов / М.А. Букштейн. – М.: Металлургия, 1973. – 358 с.
2. Ветров, А.П. Динамические нагрузки в проволоках металлокорда при свивке и методы их снижения / А.П. Ветров, Н.К. Гончаренко, В.В. Лебедев // Научные труды СПИ. – Севастополь, 1993. – Вып.1. – С.67–76.
3. Рыжиков, В.А. Натяжные устройства канатовьющих машин / В.А. Рыжиков. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 134 с.
4. Бохонский, А.И. Исследования колебательных процессов при перемотке проволок / А.И. Бохонский // Тезисы докладов научно-технической конференции «Механика и новые технологии». – СевГТУ, Севастополь, 1995. – С.71–73
5. Хромов, Е.В. Экспериментальное исследование характеристик трения в ленточных тормозах канатовьющих машин / Е.В. Хромов // Вестник СевГТУ. – Севастополь, 2000. Вып. 25. – С. 114 – 116.
6. Хромов, Е.В. Компьютерный анализ колебаний тела при наличии движущейся фрикционной связи / Е.В. Хромов // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – Запорожье, 2000. – Вып. 2. – С. 71 – 74.
7. Бохонский, А.И. Колебания катушек в канатовьющих машинах / А.И. Бохонский, Е.В. Хромов // Динамика и прочность машин. Вестник НТУ ХПИ, Вып. 25. – Харьков, 2001. – С. 53 – 56.

8. Бохонский, А.И. Анализ колебательных процессов при перемотке длинномерных изделий / / А.И. Бохонский, Е.В. Хромов // Оптимизация производственных процессов. Вестник СевГТУ, Вып.3. – Севастополь, 2000. – С. 70–73.
9. Глушко, М.Ф. Стальные подъемные канаты / М.Ф. Глушко. – К.: Техника, 1966. – 327 с.
10. Писаренко, Г.С. Соппротивление материалов / Г.С. Писаренко – К.: Вища школа, 1979 – 696 с.

Хромов Егор Владимирович
 ФГАОУ ВО «Севастопольский
 государственный университет»,
 г. Севастополь
 кандидат технических наук, доцент кафедры
 энергоустановок морских судов и сооружений
 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
 Тел.: +78692243561
 E-mail: ev.khromov@mail.ru

Гаршин Александр Юрьевич
 ФГАОУ ВО «Севастопольский
 государственный университет»,
 г. Севастополь
 кандидат технических наук, доцент кафедры
 энергоустановок морских судов и сооружений
 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
 Тел.: +78692243561
 E-mail: aleksander.garshin@mail.ru

E.V. KHROMOV, A.Yu. GARSHIN

CALCULATION OF ALLOWABLE PULL FOR ELEMENTS OF A STEEL ROPE WHEN STRANDING

Abstract. *The paper deals with theoretical and experimental study of assessment of a maximum permissible value of pull for elements of a steel rope when stranding.*

Keywords: *preformation degree, technological pull, wire rope closing machine, stranding, charging spool, strand pull*

BIBLIOGRAPHY

1. Bukshteyn, M.A. Proizvodstvo ispolzovaniya stalnykh kanatov / M.A. Bukshteyn. – М.: Metallurgiya, 1973. – 358 s.
2. Vetrov, A.P. Dinamicheskiye nagruzki v provolokakh metallokorda pri svivke i metody ikh snizheniya / A.P. Vetrov, N.K. Goncharenko, V.V. Lebedev // Nauchnyye trudy SPI. – Sevastopol, 1993. – Vyp.1. – S.67–76.
3. Ryzhikov V.A. Ntyazhnyye ustroystva kanatovyushchikh mashin / V.A. Ryzhikov. – Novochoerkassk: NGTU, 1994. – 134 s.
4. Bokhonskiy, A.I. Issledovaniya kolebatelnykh protsessov pri peremotke provolok / A.I. Bokhonskiy // Tezisy dokladov nauchno–tekhnicheskoy konferentsii «Mekhanika i novyye tekhnologii». – SevGTU, Sevastopol, 1995. – S.71–73.
5. Khromov, Ye.V. Eksperimentalnoye issledovaniye kharakteristik treniya v lentochnykh tormozakh kanatovyushchikh mashin / Ye.V. Khromov // Vestnik SevGTU. – Sevastopol, 2000. Vyp. 25. – S. 114 – 116.
6. Khromov, Ye.V. Kompyuternyy analiz dvizheniya pri nalichii dvizhushcheysya friktsionnoy svyazi / Ye.V. Khromov // Novyye materialy i tekhnologii v metallurgii i mashinostroyenii. – Zaporozhye, 2000.– Vyp. 2. – S. 71 – 74.
7. Bokhonskiy, A.I. Kolebaniya katushek v kanatovyushchikh mashinakh / A.I. Bokhonskiy, Ye.V. Khromov // Dinamika i prochnost mashin. Vestnik NTU KHPI, Vyp. 25. – Kharkov, 2001. – S. 53 – 56.
8. Bokhonskiy, A.I. Analiz kolebatelnykh protsessov pri peremotke dlinnomernykh izdeliy / / A.I. Bokhonskiy, Ye.V. Khromov // Optimizatsiya proizvodstvennykh protsessov. Vestnik SevGTU, Vyp.3. – Sevastopol, 2000. – S. 70–73.
9. Glushko, M.F. Stalnyye podzemnyye kanaty / M.F. Glushko. – К.: Tekhnika, 1966. – 327 s.
10. Pisarenko, G.S. Soprotivleniye materialov / G.S. Pisarenko – К.: Vishcha shkola, 1979 – 696 s.

Khromov Egor Vladimirovich
 Sevastopol State University,
 PhD, Associate Professor of the Department «Ship
 power plants and structures»,
 Sevastopol, Universitetskaya, 33
 Tel. +78692243561
 E-mail: ev.khromov@mail.ru

Garshin Aleksandr Iurevich
 Sevastopol State University,
 PhD, Associate Professor of the Department
 «Ship power plants and structures»,
 Sevastopol, Universitetskaya, 33
 Tel. +78692243561
 E-mail: aleksander.garshin@mail.ru

УДК 621.7

Ю.А. ЛАВРИНЕНКО

РАСSEИВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРУЖИН СЖАТИЯ

Аннотация. Изучено рассеивание длины пружины в процессе изготовления и влияние на силовые характеристики пружины. Предложена и испытана конструкция контрольного приспособления, которая значительно повысила точность настройки пружинонавивочного автомата, в результате чего практически исчез брак по непараллельности торцев.

Ключевые слова: пружины сжатия, навивка пружин, геометрические параметры пружины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов, Г.Н. Точность изготовления упругих элементов приборов / Г.Н. Фролов. – М.: Машиностроение, 1966. – 176 с.
2. Белков, Е.Г. Холодная навивка пружин / Е.Г. Белков. Иркутск: Издательство Иркутского университета, 1987. – 96 с.
3. Лавриненко, Ю.А. Упрочнение пружин / Ю.А. Лавриненко, Е.Г. Белков, В.В. Фадеев. – Уфа: Бизнес–Партнер, 2002, – 124 с.

Лавриненко Юрий Андреевич

ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

Кандидат технических наук, начальник отдела стандартизации

125438, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2

Тел.: +7 (495) 456–57–00

E-mail: lavrinenko52@mail.ru

Yu.A. LAVRINENKO

DISPERSION OF GEOMETRIC AND POWER PARAMETERS DURING MANUFACTURING PROCESS OF COMPRESSION SPRING

Abstract. *The dispersion of the length of the spring and the influence on the spring power parameters during the manufacturing process are researched. The design of the control device was proposed and tested, which significantly increased the accuracy of tuning of the coiling automaton. As a result the defect of nonparallelism of the ends of spring was practically disappeared.*

Keywords: *compression spring, coiling of spring.*

BIBLIOGRAPHY

1. Frolov, G.N. Tochnost izgotovleniya uprugikh elementov priborov / G.N. Frolov. – M.: Mashinostroyeniye, 1966. – 176 s.
2. Belkov, Ye.G. Kholodnaya navivka pruzhin / Ye.G. Belkov. Irkutsk: Izdatelstvo Irkutskogo universiteta, 1987. – 96 s.
3. Lavrinenko, YU.A. Uprochneniye pruzhin / YU.A. Lavrinenko, Ye.G. Belkov, V.V. Fadeyev. – Ufa: Biznes–Partner, 2002, – 124 s.

LavrinenkoYury Andreevich

The Central research and development automobile and engine institute NAMI

Candidate of Tech. Science, Head of Standardization Department

125438, Moscow, Avtomotornaya str., 2

Tel.: +7 (495) 456–57–00

E-mail: lavrinenko52@mail.ru

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА

УДК 621.865

А.С. БЕЛЯЕВ, К.Г. ШИБИНСКИЙ, А.С. БАЙДАЛИ

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ДРУГИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Аннотация. В статье описано создание мехатронного модуля для поворота фотобатарей солнечной электростанции. В механической части модуля применен редуктор, выполненный на базе кулачковой коаксиальной радиальной плоской передачи с промежуточными телами качения. Выведены основные кинематические параметры данной передачи: определено передаточное отношение и выведено уравнение профиля зуба колеса. Также произведен анализ кинематики передачи с одинаковым числом зубьев профильного колеса и с разным числом тел качения. По конструктивным габаритам спроектирован мехатронный модуль, чертеж «взрывом», которого представлен в статье. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния наиболее нагруженных элементов передачи. Разработана структурная схема мехатронного модуля с выбором основных электронных элементов. Приведена структурная схема оптимального управления BLDC электроприводом, в качестве функции минимизации выбрана зависимость от характеристик переходного процесса скорости вращения двигателя. Синтезирован самоподстраивающийся ПИД регулятор, с применением генетического алгоритма.

Ключевые слова: мехатронный модуль, BLDC двигатель, механическая передача с промежуточными телами качения, уравнение профиля зуба профильного колеса, оптимальное управление, генетические алгоритмы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (контракт № 02.G25.31.0190).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова, Д.Л. Исследование распределения нагрузки волнового кинематического редуктора с модифицированным профилем зуба и зависимости нагрузочных способностей по отношению к его передаточному числу и габаритным размерам / Д.Л. Степанова, П.А. Никулин, П.Я. Крауиньш // Интернет-журнал Науковедение. – 2016. – Т. 8. – №. 4 (35).
2. Shatalov, E.V. Determination of Radius of Curvature for Teeth With Cycloid Profile / E.V. Shatalov, E.A. Efremkov, K.G. Shibinskiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2016. – Т. 124. – №. 1. – С. 012007.
3. Кудрявцев, В.Н. Планетарные передачи: 2-е изд / В.Н. Кудрявцев. – Л.: Машиностроение, 1966. 308 с. – 1966.
4. Ефанов А.М., Ковалевский В.П. Теория механизмов и машин / А.М. Ефанов, В.П. Ковалевский. – Оренбург: ОГУ. – 2004. – Т. 152.
5. Федотов, Г.Д. Теория механизмов и машин / Г.Д. Федотов. – Ульяновск: УГСА им П.А. Столыпина. – 2013.
6. Беляев, А.Е. Механические передачи с промежуточными телами повышенной точности и долговечности / А.Е. Беляев. – Томск: ТПИ. – 1986.
7. Литвин, Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений / Ф.Л. Литвин. – М.Л.: – Физматгиз, 1960. – 585 с.
8. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – 2010. – Т. 51. – №. 08. – С. 3.
9. G. Yu. Optimal PID Speed Control of Brushless DC Motors Using LQR Approach/ G. Yu, R. Hwang // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004, pp. 473–478.
10. S. Zhang, X. Zhou, and L. Yang, “Adaptive PID regulator based on neural network for DC motor speed control”, in 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, 2011, pp. 1950–1953.
11. Mamonova, T., Syryamkin, V., Vasilyeva, T. Modelling of the automatic stabilization system of the aircraft course by a fuzzy logic method. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2016 – 124(1).

ФГАОУ ВО НИ «Томский
политехнический университет»
Ассистент кафедры «Систем
управления и мехатроники»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел.: 8 (913) 840–38–33
E-mail: belyaewas@mail.ru

ФГАОУ ВО НИ «Томский
политехнический университет»
Старший преподаватель кафедры
«Технологии машиностроения и
промышленной робототехники»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел.: 8 (3822) 70–17–77 (вн. 5724)
E-mail: Shibinskyk@tpu.ru

ФГАОУ ВО НИ «Томский
политехнический университет»
К.т.н., доцент кафедры
«Систем управления и
мехатроники»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел.: 8(3822)70–17–77 (вн.
1024)
E-mail: basa@tpu.ru

A.S. BELYAEV, K.G. SHIBINSKIY, S.A. BAIDALY

DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT MECHATRONIC MODULE FOR ALTERNATIVE ENERGETIC AND OTHER APPLICATIONS

Abstract. *The article describes the creation of mechatronic module to rotate photo-battery of solar power station. In the mechanical part of the module applied a reducer, which based on cam coaxial radial flat gear drive with intermediate rolling bodies. Derived the basic kinematic parameters of the transmission, namely determined gear ratio and the equation of wheels tooth profile. Also the analysis of the kinematics of the transmission with the same number of teeth of the profile wheels and with a different number of rolling bodies. Regarding constructive dimensions designed the mechatronic module, which explosion view is presented in the article. The analysis of stress-strain state of the most loaded elements of the transmission is conducted. Structural diagram of mechatronic module with a selection of basic electronic elements is developed. Structure of optimal control of BLDC electric drive is presented, as a function of minimization the dependence on characteristics of the transition process of the motor speed is selected. Synthesized an adaptive PID controller using genetic algorithm.*

Keywords: *mechatronic module, BLDC drive, gear drive with intermediate rolling bodies, equation of profiled wheels tooth profile, optimal control, genetic algorithm.*

BIBLIOGRAPHY

1. Stepanova, D.L. Issledovaniye raspredeleniya nagruzki volnovogo kinemacheskogo reduktora s modifitsirovannym profilem zuba i zavisimosti nagruzochnykh sposobnostey po otnosheniyu k yego peredatochnomu chislu i gabaritnym razmeram / D.L. Stepanova, P.A. Nikulin, P.YA. Krauinsh // Internet-zhurnal Naukovedeniye. – 2016. – T. 8. – №. 4 (35).
2. Shatalov, E.V. Determination of Radius of Curvature for Teeth With Cycloid Profile / E.V. Shatalov, E.A. Efremkov, K.G. Shibinskiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2016. – T. 124. – №. 1. – S. 012007.
3. Kudryavtsev, V.N. Planetarnyye peredachi: 2-ye izd / V.N. Kudryavtsev. – L.: Mashinostroyeniye, 1966. 308 s. – 1966.
4. Yefanov A.M., Kovalevskiy V.P. Teoriya mekhanizmov i mashin / A.M. Yefanov, V.P. Kovalevskiy. – Orenburg: OGU. – 2004. – T. 152.
5. Fedotov, G.D. Teoriya mekhanizmov i mashin / G.D. Fedotov. – Ulyanovsk: UGSA im P.A. Stolypina. – 2013.
6. Belyayev, A.Ye. Mekhanicheskiye peredachi s promezhutochnymi telami povyshennoy tochnosti i dolgovechnosti / A.Ye. Belyayev. – Tomsk: TPI. – 1986.
7. Litvin, F.L. Teoriya zubchatykh zatseplenyi / F.L. Litvin. – M.L.: – Fizmatgiz, 1960. – 585 s.
8. Bronshteyn, I.N. Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vtuzov / I.N. Bronshteyn, K.A. Semendyaev. – 2010. – T. 51. – №. 08. – S. 3.
9. G. Yu. Optimal PID Speed Control of Brushless DC Motors Using LQR Approach/ G. Yu, R. Hwang // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004, pp. 473–478.
10. S. Zhang, X. Zhou, and L. Yang, “Adaptive PID regulator based on neural network for DC motor speed control”, in 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, 2011, pp. 1950–1953.
11. Mamonova, T., Syryamkin, V., Vasilyeva, T. Modelling of the automatic stabilization system of the aircraft course by a fuzzy logic method. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2016 – 124(1).

FGAOU VO NI «Tomskij
politekhnikeskij universitet»
Teaching assistant of Department of
Control Systems and Mechatronics
634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 30
Tel.: 8 (913) 840–38–33
E-mail: belyaewas@mail.ru

FGAOU VO NI «Tomskij
politekhnikeskij universitet»
Assistant professor of Department of
Mechanical Engineering and
Industrial Robotics
634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 30
Tel.: 8 (3822) 70–17–77 (vn. 5724)
E-mail: Shibinskyk@tpu

FGAOU VO NI «Tomskij
politekhnikeskij universitet»
C.Sc., associate professor of
Department of Control Systems and
Mechatronics
634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 30
Tel.: 8 (3822) 70–17–77 (vn. 1024)
E-mail: basa@tpu.ru

УДК 621.822.1, 681.587.72, 62–251

А.В. СЫТИН, А.Ю. РОДИЧЕВ, А.В. КУЗАВКА

ПРИМЕНЕНИЕ БИМОРФНЫХ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕПЕСТКОВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКАХ

Аннотация. В статье рассматриваются адаптивные опоры роторов высокоскоростных турбомашин. В качестве опор выбраны мехатронные газодинамические подшипники с упруго-податливой опорной поверхностью. Авторы предлагают в качестве упругих элементов – многослойные лепестки с применением биморфных пьезоэлектрических элементов, работающих в режиме генератора для определения деформаций упругих элементов, а также в режиме актуатора для формирования оптимальной опорной поверхности. Представлены основные способы, особенности и основные характеристики подключения биморфов к источнику питания. Предложена концепция многослойных упругих элементов, технологический процесс их изготовления и результаты практической реализации в виде мехатронного многослойного газодинамического подшипника с биморфными пьезоэлектрическими лепестками. Представлена математическая модель данного вида опор на основании уравнения Рейнольдса для слоя газовой смазки, а также уравнений теории упругости и пьезоэлектрического эффекта. Опорная поверхность каждого упругого элемента описана моментной теорией тонкостенных незамкнутых цилиндрических оболочек, влияние биморфных пьезоэлементов задано граничными условиями на свободной образующей каждого лепестка.

Ключевые слова: биморфный элемент, лепестковый газодинамический подшипник, активное управление, мехатроника, пьезоэлемент, цилиндрические оболочки.

Представленные исследования выполнены в рамках проекта 9.2952.2017/ПЧ проектной части государственного задания «Создание многофункционального лабораторно-методологического комплекса общинженерной подготовки».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайманн, Б. Мехатроника: Компоненты, методы, примеры: Учеб. пособие / Б. Хайманн, В. Герт, К. Попп, О. Репецкий. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 602 с.
2. Паничев, А.Е. Пьезокерамические актуаторы: Учеб. пособие / А.Е. Паничев. – Ростов – на – Дону, 2008. – 159 с.
3. Нуриев, М.А. Об особенностях пьезоэлектричества в полимерных композициях с неоднородной поляризацией / М.А. Нуриев, А.М. Магеев, М.А. Курбанов, Р.С. Исмаилова, Х.А. Садыхов // ЭОМ. – 2004. – № 2. – С. 55–58.
4. G.K.S Prakash Raju, P Ashok Kumar, K Srinivasa Rao, Vanaja Aravapalli. Design and Simulation of Cantilever Based MEMS Bimorph Piezoelectric Energy Harvester. Mechanics, Materials Science & Engineering Journal, Magnolithe, 2017, 9 (1).
5. Софронов, А. Биморфные пьезоэлектрические элементы: актуаторы и датчики / А. Софронов, В. Никифоров, В. Климашин // Компоненты и Технологии. – 2003. – № 30. – С. 46–48.
6. Micky Rakotondrabe, Ioan Ivan. Principle, characterization and control of a new hybrid thermo-piezoelectric microactuator.. IEEE. IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA10., May 2010, Anchorage – Alaska, United States. sur CD ROM, pp. 1580–1585, 2010.
7. Патент JPH № 0454309. GASBEARING / Tsumaki Nobuo. Оpubл. 21.02.1992.
8. Sharapov, V. Piezoceramic sensors / V. Sharapov // Springer Verlag, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2011. – 498 p.

9. Пешти, Ю.В. Газовая смазка / Ю.В. Пешти // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993. – 382 с.
10. Хешмет, Х. Анализ газового ленточного радиального подшипника / Х. Хешмет, Дж. А. Уоловит, О. Пинкус // Проблемы трения и смазки. –1983. –Т. 105. –№ 4. – С. 124–132.
11. Тимошенко, С.П. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский–Кригер. – М.: Наука, 1966. – 636 с.
12. Колкунов, Н.В. Основы расчета упругих оболочек. Изд. 2–е переработ. и доп. Учеб. Пособие для вузов / Н.В. Колкунов. М., «Вышш. школа», 1972 – 296 с.
13. Бобцов, А.А. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений / А.А. Бобцов, В.И. Бойков, С.В. Быстров, В.В. Григорьев.– СПб ГУ ИТМО, 2011. – 131 с.
14. Piezoelectric Actuators Components, Technologies, Operation [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <http://www.piezo.ws/pdf/Piezo.pdf> (дата обращения: 29.09.2017).
15. Сытин, А.В. Решение комплексной задачи расчета характеристик радиальных лепестковых газодинамических подшипников: дис. канд. техн. наук: 01.02.06 / Сытин Антон Валерьевич. – Орёл, 2008. – 201 с.

Сытин Антон Валерьевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Мехатроника,
механика и робототехника»
Тел.: 89192046050
E-mail: sytin@mail.ru

Кузавка Александр Валерьевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант
Тел.: 89192666806
E-mail: kuzavka.net@mail.ru

Родичев Алексей Юрьевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Мехатроника,
механика и робототехника»
Тел.: 89051673322
E-mail: rodfox@yandex.ru

A.V. SYTIN, A.Yu. RODICHEV, A.V. KUZAVKA

APPLICATION OF BIMORPH ELASTIC ELEMENTS IN FOIL GAS DYNAMIC BEARINGS

Abstract. *The present paper considers adaptive rotor bearings of high-speed turbomachines. The mechatronic gas dynamic bearings are chosen with elastic surface. Authors suggest using multilayer foils with bimorph piezoelectric elements that operate in the generator regime to determine the deformation of elastic elements and in the actuator regime to form an optimal bearings surface. The paper shows basic methods, main features and characteristics of bimorph connection to the power supply. A concept of multilayer elastic elements, technological process of their manufacturing and results of their application to a mechatronic foil gas dynamic bearing are presented. A mathematical model of the bearings in question is shown based on the Reynolds equation for the gas film, equations of theory of elasticity and additional expressions for consideration of the piezoelectric effect. The surface area of every elastic element is described using the momentum theory of thin-walled nonclosed cylindrical shells and the effect of bimorph piezoelements is taken into account by means of setting the boundary conditions along the free generatrix of each element.*

Keywords: *bimorph element, foil gas dynamic bearing, active control, mechatronics, piezoelement, cylindrical shells.*

BIBLIOGRAPHY

1. Khaymann, B. Mekhatronika: Komponenty, metody, primery: Ucheb. posobiye / B. Khaymann, V. Gert, K. Popp, O. Repetskiy. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010. – 602 s.
2. Panichev, A.Ye. Pyezokeramicheskiye aktyuatory: Ucheb. posobiye / A.Ye. Panichev. – Rostov – na – Donu, 2008. – 159 s.
3. Nuriyev, M.A. Ob osobennostyakh pyezoelektricheskova v polimernykh kompozitsiyakh s neodnorodnoy polarizatsiyey / M.A. Nuriyev, A.M. Magerramov, M.A. Kurbanov, R.S. Ismailova, KH.A. Sadykhov // EOM. – 2004. – № 2. – S. 55–58.
4. G.K.S Prakash Raju, P Ashok Kumar, K Srinivasa Rao, Vanaja Aravapalli. Design and Simulation of Cantilever Based MEMS Bimorph Piezoelectric Energy Harvester. Mechanics, Materials Science & Engineering Journal, Magnolithe, 2017, 9 (1).
5. Sofronov, A. Bimorfnyye pyezoelektricheskiye elementy: aktyuatory i datchiki / A. Sofronov, V. Nikiforov, V. Klimashin // Komponenty i Tekhnologii. – 2003. – № 30. – S. 46–48.

6. Micky Rakotondrabe, Ioan Ivan. Principle, characterization and control of a new hybrid thermo–piezoelectric microactuator.. IEEE. IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA10., May 2010, Anchorage – Alaska, United States. sur CD ROM, pp. 1580–1585, 2010.
7. Patent JPH № 0454309. GASBEARING / Tsumaki Nobuo. Opubl. 21.02.1992.
8. Sharapov, V. Piezoceramic sensors / V. Sharapov // Springer Verlag, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2011. – 498 p.
9. Peshti, YU.V. Gazovaya smazka / YU.V. Peshti // M.: MGTU im. N.E. Bauman, 1993. – 382 s.
10. Kheshmet, KH. Analiz gazovogo lentochno radialnogo podshipnika / KH. Kheshmet, Dzh. A. Uolovit, O. Pinkus // Problemy treniya i smazki. –1983. –T. 105. –№ 4. – S. 124–132.
11. Timoshenko, S.P. Plastiny i obolochki / S.P. Timoshenko, S. Voynovskiy–Kriger. – M.: Nauka, 1966. – 636 s.
12. Kolkunov, N.V. Osnovy rascheta uprugikh obolochek. Izd. 2–ye pererabot. i dop. Ucheb. Posobiye dlya vuzov / N.V. Kolkunov. M., «Vyssh. shkola», 1972 – 296 s.
13. Bobtsov, A.A. Ispolnitelnyye ustroystva i sistemy dlya mikroperemeshcheniy / A.A. Bobtsov, V.I. Boykov, S.V. Bystrov, V.V. Grigoryev.– SPB GU ITMO, 2011. – 131 s.
14. Piezoelectric Actuators Components, Technologies, Operation [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: URL: <http://www.piezo.ws/pdf/Piezo.pdf> (data obrashcheniya: 29.09.2017).
15. Sytin, A.V. Resheniye kompleksnoy zadachi rascheta kharakteristik radialnykh lepestkovykh gazodinamicheskikh podshipnikov: dis. kand. tekhn. nauk: 01.02.06 / Sytin Anton Valeryevich. – Orel, 2008. – 201 s.

Sytin Anton Valerievich
 FGBOU VO «OGU named after
 I.S.Turgenev», Orel
 Candidate of technical Sciences,
 associate Professor of «Mechatronics,
 mechanics and robotics»
 Tel.: 89192046050
 E-mail: sytin@mail.ru

Kuzavka Aleksandr Valerievich
 FGBOU VO «OGU named after
 I.S.Turgenev», g. Orel
 PhD student
 Тел.: 89192666806
 E-mail: kuzavka.net@mail.ru

Rodichev Aleksey Yurievich
 FGBOU VO «OGU named after
 I.S.Turgenev», Orel
 Candidate of technical Sciences,
 associate Professor of «Mechatronics,
 mechanics and robotics»
 Tel.: 89051673322
 E-mail: rodfox@yandex.ru

УДК 76.13.25; 681.2

А.Р. ГЛАДЫШЕВ, А.В. ГЛАДЫШЕВА

РАЗРАБОТКА, РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРА МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ КИСТИ РУКИ

Аннотация. В работе проведено исследование существующих подходов для решения задачи управления бионическим протезом кисти руки. Предложен анализатор мышечной активности датчиками которого является матрица пьезоэлементов, регистрирующая механическую активность отдельных мышц предплечья, отвечающих за манипуляцию пальцев. Разработаны и описаны цифровая 3D модель отладочного макета бионического протеза кисти руки и структурная схема анализатора мышечной активности. Также изготовлены отладочный макет бионического протеза и браслет анализатора с использованием аддитивных технологий и оборудования с числовым программным управлением. Выполнено исследование предложенного анализатора мышечной активности при регистрации сигналов с матрицы его датчиков, размещенных на поверхности мышц предплечья руки человека при выполнении манипуляций, как отдельными пальцами кисти руки, так и кисти в целом.

Ключевые слова: бионика, протез, физиологические сигналы, человеко–машинный интерфейс, матричная система регистрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные миоэлектрические протезы [электронный ресурс]: <http://myotriton.com/how-prosthetics-hand-works/>.
2. Бионический протез: устройство, установка, принцип работы. Протезирование конечностей [электронный ресурс]: <http://fb.ru/article/196231/bionicheskiy-protez-ustroystvo-ustanovka-printsip-raboty-i-bionicheskie-protezyi-konechnostey>.
3. Не опускайте рук: почему бионические протезы не становятся доступнее? [электронный ресурс]: [<http://www.forbes.ru/tehnologii/345329-ne-opuskayte-ruk-pochemu-bionicheskie-protezyi-ne-stanovyatsya-dostupnee>].
4. Воротников, С.А. Биометрическая система управления протезом руки / С.А. Воротников, В.С. Струнин, Н.А. Выборнов // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. – 2013. – № 3. – С. 147–162.

5. Гаврилов, А.И. Биоинформационная система классификаторов движений лучезапястного сустава на основе нечеткой логики / А.И. Гаврилов, СоСо Тав У. // Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2016. – № 6.
6. Завьялов, С.А. Технологии биоправляемых протезов сегодня и завтра / С.А. Завьялов, А.Ю. Мейгал // Journal of Biomedical Technologies. – 2015. – № 2. – С. 36–42.
7. Гладышев, А.Р. Разработка макета бионического протеза кисти руки и анализатора мышечной активности / А.Р. Гладышев, А.В. Попова // материалы I Молодежной научно–практической конференции с международным участием «Естественнонаучные, инженерные и экономические исследования в технике, промышленности, медицине и сельском хозяйстве» 20–21 апреля. – 2017.
8. Алейников, А.Ю. Разработка и реализация макета бионического протеза кисти руки / А.Ю. Алейников, А.Н. Афонин, А.Р. Гладышев, А.В. Попова. // Труды международной научно–технической конференции «Экстремальная робототехника» – Санкт–Петербург: ООО «АП4Принт». – 2016. – 480 с.
9. Гладышев, А.Р. Разработка и реализация макета бионического протеза кисти руки / А.Р. Гладышев, А.Ю. Алейников, А.Н. Афонин, А.В. Попова // Научно–технический журнал «Робототехника и техническая кибернетика». – 2016. – № 3. – С. 68–71.
10. Гладышев, А.Р. Разработка и реализация макета бионического протеза кисти руки, человеко–машинного интерфейса и системы управления / А.Р. Гладышев, А.В. Попова, А.Д. Новосельцев. // Сборник тезисов участников форума «Наука будущего – наука молодых» – Казань. – 2016. – Том 1. – 454 с.
11. О пьезокерамике и перспективах ее применения [Электронный ресурс]: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/01_01/stat-48.htm
12. Монк, С. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами / С. Монк. – СПб.: Питер, 2017.

Гладышев Андрей Романович
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»
аспирант 1–го года обучения
308015, г. Белгород, ул. Победы 85
Тел. 89192885768
E-mail: 1173079@bsu.edu.ru

Гладышева Анастасия Владимировна
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»
аспирант 1–го года обучения
308015, г. Белгород, ул. Победы 85
Тел. 89102207741
E-mail: popova-anastasiya@bk.ru

A.R. GLADYSHEV, A.V. GLADYSHEVA

DEVELOPMENT, IMPLEMENTATION AND STUDY OF MUSCLE ACTIVITY ANALYZER FOR CONTROL TASKS WITH THE BIONIC PROSTHESIS OF A HAND

Abstract. *In the article, a study of existing approaches for solving the problem of control of bionic prosthesis of a hand. The analyzer of muscle activity sensors which is a matrix of piezoelectric elements, recording the mechanical activity of individual muscles of the forearm responsible for the manipulation of the fingers. Developed and described the digital 3D model debugging layout of bionic prosthesis of a hand and a block diagram of the analyzer of muscle activity. Also made the debug layout bionic prosthesis and bracelet of the analyzer with the use of additive technologies and equipment with numerical control. The research proposed analyzer of muscle activity during registration of signals from the sensor its sensors located on the surface of the muscles of the forearm to the hand through the manipulation of individual fingers of the hand and the brush in General.*

Keywords: *bionics, prosthesis, physiological signals, man–machine interface, dot matrix recording system.*

BIBLIOGRAPHY

1. Sovremennyye mioelektricheskiye protezy [elektronnyy resurs]: <http://myotriton.com/how-prosthetics-hand-works/>.
2. Bionicheskiy protez: ustroystvo, ustanovka, printsip raboty. Protezirovaniye konechnostey [elektronnyy resurs]: <http://fb.ru/article/196231/bionicheskiy-protez-ustroystvo-ustanovka-printsip-raboty-bionicheskie-protezy-konechnostey>.
3. Ne opuskayte ruk: pochemu bionicheskiye protezy ne stanovyatsya dostupnyey? [elektronnyy resurs]: [<http://www.forbes.ru/tehnologii/345329-ne-opuskayte-ruk-pochemu-bionicheskie-protezy-ne-stanovyatsya-dostupnee>].
4. Vorotnikov, S.A. Biometricheskaya sistema upravleniya protezom ruki / S.A. Vorotnikov, V.S. Strunin, N.A. Vybornov // Prikaspiyskiy zhurnal: Upravleniye i vysokie tekhnologii. – 2013. – № 3. – С. 147–162.
5. Gavrilo, A.I. Bioinformatsionnaya sistema klassifikatorov dvizheniy luchezyapastnogo sustava na osnove nechetkoy logiki / A.I. Gavrilo, SoSo Tav U. // Vestnik MGTU im. Baumana. Ser. Priborostroyeniye. – 2016. – № 6.
6. Zavyalov, S.A. Tekhnologii biupravlyayemykh protezov segodnya i zavtra / S.A. Zavyalov, A.YU. Meygal // Journal of Biomedical Technologies. – 2015. – № 2. – С. 36–42.

7. Gladyshev, A.R. Razrabotka maketa bionicheskogo proteza kisti ruki i analizatora myshechnoy aktivnosti / A.R. Gladyshev, A.V. Popova // materialy I Molodezhnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Yestestvennonauchnyye, inzhenernyye i ekonomicheskiye issledovaniya v tekhnike, promyshlennosti, meditsine i selskom khozyaystve» 20–21 aprelya. – 2017.
8. Aleynikov, A.YU. Razrabotka i realizatsiya maketa bionicheskogo proteza kisti ruki / A.YU. Aleynikov, A.N. Afonin, A.R. Gladyshev, A.V. Popova. // Trudy mezhdunarodnoy nauchno–tekhnicheskoy konferentsii «Ekstremalnaya robototekhnika» – Sankt–Peterburg: OOO «AP4Print». – 2016. – 480 s.
9. Gladyshev, A.R. Razrabotka i realizatsiya maketa bionicheskogo proteza kisti ruki / A.R. Gladyshev, A.YU. Aleynikov, A.N. Afonin, A.V. Popova // Nauchno–tekhnicheskii zhurnal «Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika». – 2016. – № 3. – S. 68–71.
10. Gladyshev, A.R. Razrabotka i realizatsiya maketa bionicheskogo proteza kisti ruki, cheloveko–mashinnogo interfeysa i sistemy upravleniya / A.R. Gladyshev, A.V. Popova, A.D. Novoseltsev. // Sbornik tezisov uchastnikov foruma «Nauka budushchego – nauka molodykh» – Kazan. – 2016. – Tom 1. – 454 s.
11. O pyezokeramike i perspektivakh yeye primeneniya [Elektronnyy resurs]: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/01_01/stat-48.htm
12. Monk, S. Programmiruyem Arduino. Professionalnaya rabota so sketchami / S. Monk. – SPb.: Piter, 2017.

Gladyshev Andrei Romanovich
The National Research University
«Belgorod State University» (BelSU)
postgraduate student of the 1st year
308015, Belgorod, Pobeda St. 85
Tel. 89192885768
E-mail: 1173079@bsu.edu.ru

Gladysheva Anastasiya Vladimirovna
The National Research University
«Belgorod State University» (BelSU)
postgraduate student of the 1st year
308015, Belgorod, Pobeda St. 85
Tel. 89102207741
E-mail: popova-anastasiya@bk.ru

УДК 621.9

В.В. ПРЕЙС

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФАКТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОТОРНОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ВОРОНКАМИ

Аннотация. В статье рассмотрен новый подход к построению корректной математической модели фактической производительности роторного бункерного загрузочного устройства с вращающимися воронками для захвата равноразмерных осесимметричных предметов обработки формы тел вращения. Недостатком математических функций, предложенных ранее для описания вероятностей, входящих в математические модели фактической производительности бункерных загрузочных устройств, является тот факт, что в зависимости от значений аргументов они могут иметь произвольные значения, в том числе большие единицы или меньше нуля, что противоречит физическому смыслу вероятности. Для описания вероятностей предложены новые математические зависимости на основе показательной функции и функции Гомперца. Использование указанных функций позволило получить более корректную и адекватную математическую модель фактической производительности роторного бункерного загрузочного устройства с вращающимися воронками, применяемого в технологических роторных машинах.

Ключевые слова: математическая модель, фактическая производительность, бункерное загрузочное устройство, вращающаяся воронка, технологическая роторная машина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boothroyd, G. Product Design for Manufacture and Assembly / G. Boothroyd, P. Dewhurst, W. Knight. – New York: Marcel Dekker Inc., 1994.
2. Boothroyd, G. Product Design for Manufacture and Assembly / G. Boothroyd, P. Dewhurst, W. Knight; Second Edition. – New York: Marcel Dekker Inc., 2002.
3. Benhabib, B. Manufacturing Design, Production, Automation and Integration / Beno Benhabib. – Marcel Dekker, Inc., 2003. – 587 p.
4. Boothroyd, G. Assembly Automatic and Product Design / G. Boothroyd; Second Edition. – Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005. – 536 p.
5. Chua, P. E-learning of automated parts feeding / Patrick Chua // Assembly Automation. – 2006. – vol. 26. – № 4. – P. 323 – 334.
6. Khanna, P. Mathematical Analysis of Centreboard Hopper Parts Feeder / Pradeep Khanna, Anju and Shiwangi Goe // International Journal of Advanced Engineering Applications. – 2010. – Vol. 3. – Iss. 6. – P. 94 – 100.
7. Медвидь, М.В. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства / М.В. Медвидь. – М.: Машгиз, 1963. – 299 с.
8. Прейс, В.В. Математическая модель функционирования роторных бункерных загрузочных устройств

- поштучно–непрерывного захвата / В.В. Прейс // Кузнечно–штамповочное производство. – 1989. – № 12. – С. 25 – 27.
9. Бляхеров, И.С. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / И.С. Бляхеров, Г.М. Варьяш [и др.]; под общ. ред. И.А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
10. Прейс, В.В. Бункерные загрузочные устройства с вращающимися воронками криволинейного профиля / В.В. Прейс, М.К. Галонска. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. – 128 с.
11. Ионов, А.О. Роторные бункерные загрузочные устройства с вращающимися воронками для тонких стержневых предметов обработки / А.О. Ионов, В.В. Прейс; под науч. ред. В.В. Прейса. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. – 100 с.

Прейс Владимир Викторович;

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

«Технологические системы пищевых, полиграфических и упаковочных производств»

300012, г. Тула, проспект Ленина, 92

Тел. (4872) 73–44–93;

E-mail: rabota-preys@yandex.ru

V.V. PREIS

A MATHEMATICAL MODEL OF THE ACTUAL PRODUCTIVITY OF THE ROTARY HOPPER FEEDING DEVICE WITH A ROTATING FUNNELS

Abstract. *The article describes a new approach to the construction of correct mathematical model of the actual productivity of the rotor hopper feeding device with a rotating funnels to capture ranolazine axisymmetric objects process the form of bodies of revolution. The disadvantage of mathematical functions, proposed earlier to describe the probabilities included in the mathematical model the actual productivity of the hopper feeding device is the fact that depending on the argument values, they can have arbitrary values, including greater than one or less than zero, which contradicts the physical meaning of probability. To describe the probabilities of the proposed new mathematical dependences on the basis of exponential functions and functions of Gompertz. The use of these functions allowed us to obtain more correct and adequate mathematical model of the actual productivity of the rotor hopper feeding device with a rotating funnels used in technological rotor machines.*

Keywords: *mathematical model, actual productivity, hopper feeding device, a rotating funnel, technological rotor machine.*

BIBLIOGRAPHY

1. Boothroyd, G. Product Design for Manufacture and Assembly / G. Boothroyd, P. Dewhurst, W. Knight. – New York: Marcel Dekker Inc., 1994.
2. Boothroyd, G. Product Design for Manufacture and Assembly / G. Boothroyd, P. Dewhurst, W. Knight; Second Edition. – New York: Marcel Dekker Inc., 2002.
3. Benhabib, B. Manufacturing Design, Production, Automation and Integration / Beno Benhabib. – Marcel Dekker, Inc., 2003. – 587 p.
4. Boothroyd, G. Assembly Automatic and Product Design / G. Boothroyd; Second Edition. – Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005. – 536 p.
5. Chua, P. E-learning of automated parts feeding / Patrick Chua // Assembly Automation. – 2006. – vol. 26. – № 4. – P. 323 – 334.
6. Khanna, P. Mathematical Analysis of Centreboard Hopper Parts Feeder / Pradeep Khanna, Anju and Shiwangi Goe // International Journal of Advanced Engineering Applications. – 2010. – Vol. 3. – Iss. 6. – P. 94 – 100.
7. Medvid, M.V. Avtomaticheskie orientiruyushchie zagruzochnye ustroystva / M.V. Medvid. – М.: Mashgiz, 1963. – 299 s.
8. Preys, V.V. Matematicheskaya model funkcionirovaniya rotornykh bunkernykh zagruzochnykh ustroystv poshtuchno–neprreryvnogo zakhvata / V.V. Preys // Kuznechno–shtampovoechnoe proizvodstvo. – 1989. – № 12. – С. 25 – 27.
9. Blyaherov, I.S. Avtomaticheskaya zagruzka tehnologicheskikh mashin: Spravochnik / I.S. Blyaherov, G.M. Varyash [i dr.]; pod obsch. red. I.A. Klusova. – М.: Mashinostroenie, 1990. – 400 s.
10. Preys, V.V. Bunkernye zagruzochnye ustroystva s vrschayuschimisya voronkami krivolineynogo profilya / V.V. Preys, M.K. Galonska. – Tula: Izd-vo TulGU, 2004. – 128 s.
11. Ionov, A.O. Rotomye bunkernye zagruzochnye ustroystva s vrschayuschimisya voronkami dlya tonkikh sterzhnevnykh predmetov obrabotki / A.O. Ionov, V.V. Preys; pod nauch. red. V.V. Preysa. – Tula: Izd-vo TulGU, 2013. – 100 s.

Preis Vladimir Viktorovich

Tula state University

Doctor of technical Sciences, Professor, head of Department

«Technological systems of food, printing and packaging industries»

300012, Tula, Lenin Avenue, 92

Ph.: (4872) 73–44–93
E–mail: rabota-preys@yandex.ru

УДК 62–529

С.Ф. ЯЦУН, В.А. ДМИТРИЕВ, Б.В. ЛУШНИКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С МАШУЩИМ КРЫЛОМ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ MATLAB / SIMULINK / SIMMECHANICS

Аннотация. Статья посвящена исследованию динамики летательного аппарата с машущим крылом, так называемого орнитоптера, и созданию его визуальной модели. Робот состоит из пяти последовательно соединённых между собой вращательными парами звеньев, центральное из которых – куб, имитирующий тело, а остальные – попарно соединённые пластины, являющиеся подобием крыльев. Такая конструкция была разработана с целью повторить или конструктивно приблизиться к бионическому прототипу аппарата – чайке. Для реализации полёта с целью дальнейшего исследования его динамики была использована созданная ранее математическая модель, определяющая степень взаимодействия аппарата с воздушной средой. На основании полученных результатов были исследованы три режима полёта: подъём, зависание и снижение. Исследована зависимость нахождения аппарата в определённом режиме от частоты махов крыльев.

Ключевые слова: махолёт, орнитоптер, крыло, силы аэродинамического сопротивления, махи, режимы полёта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smart Bird – URL: <https://www.festo.com/group/en/cms/10238.htm> (дата обращения: 20.08.2017).
2. Bionic Bird, XTIM – URL: <http://www.mybionicbird.com/> (дата обращения: 20.08.2017).
3. A Flapping–Wing Micro Air Vehicle with Interchangeable Parts for System Integration Studies: Ranjana Sahai, Kevin C. Galloway, Michael Karpelson, and Robert J. Wood// 2012IEEE/RSJ International Conference on intelligent Robots and Systems// Vilamoura, Algarve, Portugal.
4. Моделирование движения летательного аппарата с машущим крылом: Л.Ю. Ворочаева, С.Ф. Ефимов, О.Г. Локтионова, Б.В. Лушников, С.Ф. Яцун// Электронный журнал Cloud of Science. – 2016. – Т. 3. – № 4.
5. DeLaurier, J.D. An ornithopter wing design / J.D. DeLaurier // Canadian aeronautics and space journal. – 1994. – Vol. 40. – № 1. – P. 10–18.
6. Brooks, A.N. Development of a wing–flapping flying replica of the largest Pterosaur / A.N. Brooks // AIAA. – 1985. – P. 85–1446.
7. DeLaurier, J.D. The development of an efficient ornithopter wing / J.D. DeLaurier // The aeronautical journal of the royal aeronautical society. – 1993. – Vol. 97. – P. 153–161.
8. Craparo, E. Micro–sized ornithopter wing design / E. Craparo, B.A. Ingram // 41st aerospace sciences meeting and exhibit. – 2003. – P. 1–9.
9. Jatsun, S.F. Study of the motion of a mechanical system due to the oscillatory motion of the side links / S.F. Jatsun, L.Yu. Vorochaeva, S.V. Efimov // JVE International LTD. Vibroengineering. – 2016. – Vol. 8. – P. 74–79.
10. Jackowski, Z.J. Design and construction of an autonomous ornithopter: Diss. Massachusetts Institute of Technology, 2009.
11. Maglasang, J. Aerodynamic Study and Mechanization Concepts for Flapping–Wing Micro Aerial Vehicles / J. Maglasang, K. Isogai, N. Goto, M. Yamasaki // Memoirs of the Faculty of Engineering. – 2006. – Vol. 66. – № 1. – P. 71–82.
12. Исследование режима зависания летающего пятизвенного робота: Яцун С.Ф., Локтионова О.Г., Ворочаева Л.Ю., Ефимов С.В. // technical sciences. – 2016. – № 12.
13. Morgansen, K.A. Nnlinear Control Methods for Planar Carangiform Robot Fish Locomotion / K.A. Morgansen, V. Duindam, R.J. Mason, J.W. Burdick //Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation. – 2001. – P.427–434.
14. Modeling the motion of a flapping wing aerial vehicleVorochoeva L.Y., Efimov S.V., Loktionova O.G., Lushnikov B.V., Jatsun S.F. MATEC Web of Conferences. – 2017. – P. 02008.

Яцун Сергей Федорович
Юго–Западный государственный
университет
доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
механики, мехатроники и
робототехники

Дмитриев Валентин Алексеевич
Юго–Западный государственный
университет
студент 3 курса ЕНФ кафедры
механики, мехатроники и
робототехники
Тел.: 8–960–690–80–07

Борис Владимирович Лушников
Юго–Западный государственный
университет
кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры механики,
мехатроники и робототехники
Тел.: 7–910–312–47–78

V.A. DMITRIEV, B.V. LUSHNIKOV, L.Yu. VOROCHAEVA, E.N. POLITOV, S.F. YATSUN

**INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF THE MOVEMENT
OF AN AIRCRAFT WITH A FLAPPING WING WITH THE HELP
OF MATLAB / SIMULINK / SIMMECHANICS**

Abstract. *The article is devoted to the study of the dynamics of an aircraft with a flapping wing, the so-called ornithopter, and the creation of its visual model. The robot consists of five links connected in turn by rotational pairs of links, the central one of which is a cube simulating the body, and the rest are pairwise connected plates, which are similar to wings. This design was designed to repeat or constructively approach the bionic prototype of the apparatus – the seagull. To implement the flight for the purpose of further research of its dynamics, a previously created mathematical model was used that determines the degree of interaction between the device and the air environment. Based on the results obtained, three flight modes were investigated: ascent, hovering and descent. The dependence of the location of the apparatus in a certain regime on the frequency of wing wings is investigated.*

Keywords: *sword, ornithopter, wing, aerodynamic drag force, swings, flight modes.*

BIBLIOGRAPHY

1. Smart Bird – URL: <https://www.festo.com/group/en/cms/10238.htm> (data obrashcheniya: 20.08.2017).
2. Bionic Bird, XTIM – URL: <http://www.mybionicbird.com/> (data obrashcheniya: 20.08.2017).
3. Mikrovozdushnyy avtomobil s otkidnym krylom s vzaimozamenyayemymi chastyami dlya izucheniya sistemnoy integratsii: Randzhana Sakhay, Kevin S. Gallouey, Maykl Karpelson i Robert Dzh. Vud // 2012 Mezhdunarodnaya konferentsiya po intellektualnym robotam i sistemam // Vilamura, Algarve, Portugaliya.
4. Modelirovaniye dvizheniya letatel'nogo apparata s mashushchim krylom: L.YU. Vorochayeva, S.F. Yefimov, O.G. Loktionova, B.V. Lushnikov, S.F. Yatsun // Elektronnyy zhurnal Oblako nauki. – 2016. – T. 3. – № 4.
5. DeLaurier, J.D. Konstruktsiya kryla ornitoptera / J.D. DeLaurier // Kanadskiy aeronavtik i kosmicheskoy zhurnal. – 1994. – Vol. 40. – № 1. – S. 10–18.
6. Bruks, A.N. Razrabotka letyashchey s krylatoy repliki krupneyshego Pterosaur / A.N. Bruks // AIAA. – 1985. – S. 85–1446.
7. DeLaurier, J.D. Razrabotka effektivnogo kryla ornitoptera / J.D. DeLaurier // Aviatsionnyy zhurnal korolevskogo aviatsionnogo obshchestva. – 1993. – Vol. 97. – S. 153–161.
8. Craparo, E. Konstruktsiya kryla s ortopedicheskim ornamentom mikrorazmera / E. Craparo, B.A. Ingram // Vstrecha i vystavka 41-y aerokosmicheskoy nauki. – 2003. – S. 1–9.
9. Jatsun, S.F. Izucheniye dvizheniya mekhanicheskoy sistemy iz-za kolebatelnogo dvizheniya bokovykh zvenyev / S.F. Jatsun, L.Yu. Vorochayeva S.V. Yefimov // JVE International LTD. Vibroengineering. – 2016. – Vol. 8. – S. 74–79.
10. Jackowski, Z.J. Proyektirovaniye i stroitelstvo avtonomnogo ornitoptera: Diss. Massachusetskyy tekhnologicheskyy institut, 2009.
11. Maglasang, J. Aerodinamicheskiye issledovaniya i mekhanizmy mekhanizatsii dlya vzletno-posadochnykh mikroavtobusov / J. Maglasang, K. Isogai, N. Goto, M. Yamasaki // Memuary inzhener'nogo fakulteta. – 2006. – Vol. 66. – № 1. – S. 71–82.
12. Issledovaniye rezhimov zavisaniya letayushchego pyatizvennogo robota: Yatsun S.F., Loktionova O.G., Vorochayeva L.YU., Yefimov S.V. // Tekhnicheskkiye nauki. – 2016. – № 12.
13. Morgansen K.A. Metody nelineynogo upravleniya ploskoy podvizhnoy robotizirovannoy lovushkoy ryby / K.A. Morgansen, V. Duindam, R.J. Meyson, J.W. Burdick // Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii po robototekhnike i avtomatizatsii IEEE. – 2001. – S.427–434.
14. Modelirovaniye dvizheniya vzletno-posadochnoy antennoy kryla Vorochayeva L.YA., Yefimov S.V., Loktionova O.G., Lushnikov B.V., Yatsun S.F. Set konferentsiy MATEC. – 2017. – S. 02008.

Yatsun Sergey Fedorovich
South-West State University
Doctor of Technical Sciences,
Professor, Head of the Department of
Mechanics, Mechatronics and
Robotics
Ph.: 8 (4712) 22–26–26
E-mail: teormeh@inbox.ru

Dmitryev Valentin Alekseevich
South-West State University
3rd year student of the Faculty of
Mechanics, Mechatronics and
Robotics
Ph.: 8–960–690–80–07
E-mail: valentinswsu@mail.ru

Lushnikov Boris Vladimirovich
South-West State University
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate
Professor of the Department of
Mechanics, Mechatronics and
Robotics
Ph.: 7–910–312–47–78
E-mail: bvl_61@inbox.ru

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 531.74.082.4

А.И. НЕЗНАНОВ

ДАТЧИК КОНТРОЛЯ ПОПЕРЕЧНОЙ НЕРОВНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ С МАЯТНИКОВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ, ПОЛНОСТЬЮ ПОГРУЖЕННЫМ В ЖИДКОСТЬ

Аннотация. Рассмотрены метрологические характеристики датчика контроля поперечной неровности железнодорожного пути, основанного на маятниковом механическом элементе, который полностью погружен в однородную вязкую жидкость. Приведены математическая модель акустической подсистемы, с помощью которой осуществляется съем информации об угле наклона, и математические модели динамических характеристик датчика. Исследована возможность повышения точности датчика.

Ключевые слова: датчик, маятник, жидкость, ультразвук, метрологические характеристики, математическая модель

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есипов, В.Н. Гидроакустические маятниковые датчики негоризонтальности / В.Н. Есипов, А.В. Есипов // Датчики и системы. – 2003. – № 5. – С. 27–30.
2. Насибулин, Р.Н. Научные основы разработки маятниковых измерителей негоризонтальности железнодорожного пути / Р.Н. Насибулин, В.Я. Распопов // Оборонная техника. – 1996. – № 10–11. – С. 7–11.
3. Распопов, В.Я., Иванов, Ю.В. Датчики уровня систем управления железнодорожных машин. – Тула: ТулГУ, 2000.
4. Дмитриев, В.А. Датчик уровня для путевых железнодорожных машин на базе физического маятника // В.А. Дмитриев, В.Я. Распопов, Ю.В. Иванов, Р.В. Алалуев // Датчики и системы. – 2006. – № 7. – С. 56–58.
5. Распопов, В.Я. Датчики уровня систем управления выправочных железнодорожных машин / В.Я. Распопов, Ю.В. Иванов, С.А. Зотов // Датчики и системы. – 1999. – № 4. – С. 40–43.
6. Есипов, В.Н. О возможности контроля состояния железнодорожного пути ультразвуковыми датчиками негоризонтальности / В.Н. Есипов, А.В. Есипов // Диагностика веществ, изделий и устройств: Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 1999. – С. 127–128.
7. Есипов, В.Н. Метрологические характеристики гидроакустических датчиков негоризонтальности / В.Н. Есипов, А.В. Есипов // Датчики и системы. – 2003. – № 5. – С. 27–30.
8. Незнанов, А.И. Статические характеристики гидроакустических маятниковых датчиков контроля уровня железнодорожного пути с амплитудным методом съема информации / А.И. Незнанов, В.Н. Есипов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 2(298). – С. 118–123.
9. Есипов, В.Н. Математическое моделирование статической характеристики гидроакустического датчика негоризонтальности с механическим маятниковым чувствительным элементом / В.Н. Есипов, А.И. Незнанов // Датчики и системы. – 2010. – № 4. – С. 18–20.
10. Незнанов, А.И. Динамические характеристики гидроакустического датчика неровности железнодорожного пути с маятниковым механическим чувствительным элементом / А.И. Незнанов, В.Н. Есипов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. – № 3(311). – С. 112–116.
11. Исакович, М.А. Общая акустика. – М.: Наука, 1973.

Незнанов Александр Иванович

ФГБОУ ВПО Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Старший преподаватель кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
302020, Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. 8(960)656–62–62
E-mail: orelkir18@gmail.com

A.I. NEZNANOV

**BASED ON A PENDULUM, THAT FULLY IMMERSED IN A FLUID,
SENSOR FOR MEASUREMENTS OF THE TRANSVERSE**

CROSSLLEVEL OF RAILWAYS

Abstract. *Metrological performances of the sensor for measurements of transverse crosslevel of railways are presented. Also mathematical models of acoustic and pendular subsystems of sensor are presented. Possibility of increase of accuracy of the sensor is studied.*

Keywords: *sensor, pendulum, fluid, ultrasound, metrological performance, mathematical model.*

BIBLIOGRAPHY

1. Yesipov, V.N. Gidroakusticheskie majatnikovye datchiki negorizontálnosti / V.N. Yesipov, A.V. Yesipov // Datchiki i Sistemy. – 2003. – № 5. – S. 27–30.
2. Nasibulin, R.N. Nauchnye osnovy razrabotki majatnikovyyh izmeriteley negorizontálnosti zheleznodorojnogo puti / R.N. Nasibulin, V.Ya. Raspopov // Oboronnaya tehnika. – 1996. – № 10–11. – S. 7–11.
3. Raspopov, V.Ya, Ivanov, Yu.V. Datchiki urovnya sistem upravleniya zheleznodorojnyh mashin. – Tula: TulGU, 2000.
4. Dmitriev, V.A. Datchik urovnya dlja putevyh zheleznodorojnyh mashin na baze fizicheskogo majatnika // V.A. Dmitriev, V.Ya. Raspopov, Yu.V. Ivanov, R.V. Alaluev // Datchiki i Sistemy. – 2006. – № 7. – S. 56–58.
5. Raspopov, V.Ya. Datchiki urovnya sistem upravleniya vypravochnyh zheleznodorojnyh mashin / V.Ya. Raspopov, Yu.V. Ivanov, S.A. Zotov // Datchiki i Sistemy. – 1999. – № 4. – S. 40–43.
6. Yesipov, V.N. O vozmozhnosti kontrolja sostojaniya zheleznodorojnogo puti ultrazvukovymi datchikami negorizontálnosti / V.N. Yesipov, A.V. Yesipov // Diagnostika veschestv, izdeliy i ustroystv: Materialy Vserossiyskoi nauchno–téchicheskoi konferencii. – Orel: Izd–vo OrelGTU, 1999. – S. 127–128.
7. Yesipov, V.N. Metrologicheskie harakteristiki gidroakusticheskikh datchikov negorizontálnosti / V.N. Yesipov, A.V. Yesipov // Datchiki i Sistemy. – 2003. – № 5. – S. 27–30.
8. Neznanov, A.I. Staticheskie harakteristiki gidroakusticheskikh majatnikovyyh datchikov kontrolya urovnya zheleznodorojnogo puti s amplitudnym metodom sjoma informacii / A.I. Neznanov, V.N. Yesipov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii. – 2013. – № 2(298). – S. 118–123.
9. Yesipov, V.N. Matematicheskoe modelirovanie staticheskoy harakteristiki gidroakusticheskogo datchika negorizontálnosti s mehanicheskim majatnikovym chuvstvitel'nyim elementom / V.N. Yesipov, A.I. Neznanov // Datchiki i Sistemy. – 2010. – № 4. – S. 18–20.
10. Neznanov, A.I. Dinamicheskie harakteristiki gidroakusticheskogo datchika nerovnosti zheleznodorojnogo puti s majatnikovym mehanicheskim chuvstvitel'nyim elementom / A.I. Neznanov, V.N. Yesipov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii. – 2015. – № 3(311). – S. 112–116.
11. Isakovich, M.A. Obschaja akustika. – M.: Nauka, 1973.

Neznanov Alexander Ivanovich

I.S. Turgenev Orel State University

Senior teacher, Department of “Instruments, metrology and certification”

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29

Ph. 8(960)656–62–62

E–mail: orelkir18@gmail.com

УДК 531.385

Д.М. МАЛЮТИН

СИСТЕМА ДЛЯ МОРСКИХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ С САМОНАСТРОЙКОЙ ПАРАМЕТРОВ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА

Аннотация. *Предложена структурная схема индикаторного гиросtabilизатора морского гравиметра с самонастройкой параметров контуров коррекции, обеспечивающая минимизацию погрешностей гравиметрических измерений в условиях трехкомпонентной изменяющейся качки корабля. Приведено математическое описание системы. Сформулированы критерии самонастройки параметров корректирующего устройства, учитывающие изменение орбитального движения, килевой, бортовой качки и рыскания корабля. Проведена оценка систематической погрешности гиросtabilизированного гравиметра из–за ускорений и наклонов основания.*

Ключевые слова: *морской гравиметр, гиросtabilизатор, самонастройка параметров.*

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Грант №17–08–00434 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ривкин, С.С. Гирскопическая стабилизация морских гравиметров / С.С. Ривкин, А.Д. Береза. – М.: Наука, 1985. – 176 с.
2. Современные методы и средства измерения параметров гравитационного поля Земли / Пешехонов В.Г., Степанов О.А., Августов Л.И. и др. / Под общей ред. акад. РАН В.Г. Пешехонова; научн. редактор О.А. Степанов. – СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2017. – 390 с.
3. Малютин, Д.М. Малогабаритные гравиметрические комплексы для аэро и морских измерений / Д.М. Малютин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – Вып. 10. – С. 281–290.
4. Малютин, Д.М. Российские и зарубежные набортные гравиметрические комплексы / Д.М. Малютин // Инженерный журнал «Справочник». – 2007. – № 10(127). – С. 13–17.
5. Железняк, Л.К. Влияние инерционных ускорений на точность гравиметра «ЧЕКАН-АМ» / Л.К. Железняк, А.А. Краснов, А.В. Соколов // Физика Земли. – 2010. – № 7. – С. 29–32.
6. Краснов, А.А. Гравиметрический датчик нового поколения / А.А. Краснов, А.В. Соколов, М.И. Евстифеев и др. // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 12–15.
7. Железняк, Л.К. Гравиметры двойного назначения для измерений с морских и воздушных носителей / Л.К. Железняк, В.Н. Конешов, Л.К. Несенюк и др. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2005. – Т. 48. – № 5. – С. 23–28.
8. Форсберг, Р. Проведение аэрогравиметрических измерений гравиметрами «ЛАКОСТА-РОМБЕРГ» и «ЧЕКАН-АМ» с целью определения геоида / Р. Форсберг, А.В. Олесен, И. Эйнарссон // Гирскопия и навигация. – 2015. – № 3 (90). – С. 19–29.
9. Малютин, Д.М. Исследование динамики гиросtabilизатора морского гравиметра с самонастройкой параметров / Д.М. Малютин, В.Я. Распопов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – Вып. 7. – С. 97–105.
10. Глазко, В.В. Морские гравиметрические комплексы и гравиметры гидрографической службы военно – морского флота РФ / Глазко В.В., Шустов Е.Б., Филаков И.Н. // Навигация и гидрография. – 2011. – №32. – С. 79–87.

Малютин Дмитрий Михайлович

ФГБОУ ВО Тульский государственный университет

кандидат технических наук, доцент, профессор

г. Тула., пр. Ленина 92

Тел.: 89105511329

E-mail: Malyutindm@yandex.ru

D.M. MALYUTIN

SYSTEM FOR SEA GRAVIMETRIC MEASUREMENTS INCREASED ACCURACY WITH SELF-ADJUSTMENT OF PARAMETERS GYROSTABILIZER

Abstract. The block diagram displays the sea gravimeter gyrostabilizer with correction contours parameters self-adjustment, providing minimal gravimetric measurements errors in conditions of three-componental variable ships rolling is offered. The mathematical description of system is resulted. Devices parameters self-adjustment criteria, considering the change of orbital movement, keel, onboard rolling and ships roving are formulated. The estimation of a regular error of gyrostabilized gravimeter caused by accelerations and inclinations of the basis was performed.

Keywords: sea gravimeter, gyrostabilizer, self-adjustment of parameters.

BIBLIOGRAPHY

1. Rivkin, S.S. Giroskopicheskaya stabilizatsiya morskikh gravimetrov / S.S. Rivkin, A.D. Bereza. – M.: Nauka, 1985. – 176 s.
2. Sovremennyye metody i sredstva izmereniya parametrov gravitatsionnogo polya Zemli / Peshekhonov V.G., Stepanov O.A., Avgustov L.I. i dr. / Pod obshchey red. akad. RAN V.G. Peshekhonova; nauchn. redaktor O.A. Stepanov. – SPb.: GNTS RF AO «Kontsern «TSNII «Elektropribor», 2017. – 390 s.
3. Malyutin, D.M. Malogabaritnyye gravimetricheskiye kompleksy dlya aero i morskikh izmereniy / D.M. Malyutin // Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2016. – Vyp. 10. – S. 281–290.
4. Malyutin, D.M. Rossiyskiye i zarubezhnyye nabortnyye gravimetricheskiye kompleksy / D.M. Malyutin // Inzhenernyy zhurnal «Spravochnik». – 2007. – № 10(127). – S. 13–17.
5. Zheleznyak, L.K. Vliyaniye inertsionnykh uskoreniy na tochnost gravimetra «CHEKAN-AM» / L.K. Zheleznyak, A.A. Krasnov, A.V. Sokolov // Fizika Zemli. – 2010. – № 7. – S. 29–32.

6. Krasnov, A.A. Gravimetricheskii datchik novogo pokoleniya / A.A. Krasnov, A.V. Sokolov, M.I. Yevstifeyev i dr. // Izmeritelnaya tekhnika. – 2014. – № 9. – S. 12–15.
7. Zheleznyak, L.K. Gravimetry dvoynogo naznacheniya dlya izmereniy s morskikh i vozdukhnykh nositeley / L.K. Zheleznyak, V.N. Koneshov, L.K. Nesenyuk i dr. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroyeniye. – 2005. – T. 48. – № 5. – S. 23–28.
8. Forsberg, R. Provedeniye aerogravimetricheskikh izmereniy gravimetrami «LAKOSTA-ROMBERG» i «CHEKAN-AM» s tselyu opredeleniya geoida / R. Forsberg, A.V. Olesen, I. Eynarsson // Giroskopiya i navigatsiya. – 2015. – № 3 (90). – S. 19–29.
9. Malyutin, D.M. Issledovaniye dinamiki girostabilizatora morskogo gravimetra s samonastroykoy parametrov / D.M. Malyutin, V.YA. Raspopov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. – 2017. – Vyp. 7. – S. 97–105.
10. Glazko, V.V. Morskiye gravimetricheskiye komplekсы i gravimetry gidrograficheskoy sluzhby voyenno – morskogo flota RF / Glazko V.V., Shustov Ye.B., Filakov I.N. // Navigatsiya i gidrografiya. – 2011. – №32. – S. 79–87.

Malyutin Dmitriy Mikhailovich

Tula State University

candidate of technical science, docent, professor

Tula, Lenina 92

89105511320

E-mail: Malyutindm@yandex.ru

УДК 53.08

Е.В. ВЕРШЕННИК, П.В. ЗАКАЛКИН, Н.А. КУПРИЯНОВ, П.Ю. СТАРОДУБЦЕВ

СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННО УСТАНОВЛЕННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ

Аннотация. В статье рассматривается способ обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи, который может быть использован для выявления технических каналов утечки конфиденциальной информации, образованных с помощью несанкционированно установленных на абонентских линиях радиоэлектронных средств.

Ключевые слова: технический канал утечки, электронное устройство, радиоэлектронное средство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобашев, А.К. Защита информации от утечек по техническим каналам. [Электронный ресурс]: – URL: <http://mascom-uc.ru/library/354/>. Дата обращения 29.06.2017 г.
2. Стародубцев, Ю.И. Управление качеством информационных услуг / А.Н. Бегаев, М.А. Давлятова, Ю.И. Стародубцев // – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2017. – 454 с.
3. Хорев, А.А. Техническая защита информации т.1. / А.А. Хорев // – Москва.: НПЦ «Аналитика», 2008.
4. Закалкин, П.В. Способ обнаружения несанкционированно установленных на предприятии электронных устройств / П.В. Закалкин, П.Ю. Стародубцев, Е.В. Кругленко // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2014. – № 2(6). – С. 99 – 105.
5. Закалкин, П.В. Способ защиты бизнес-процессов, использующих удаленные информационные ресурсы посредством одношаговой аутентификации / А.А. Евграфов, П.В. Закалкин, Е.В. Сухорукова, Д.Е. Шугуров // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2013. – № 3. – С. 60–67.
6. Стародубцев, Ю.И. Способ повышения защищенности элементов территориально распределенных информационно-телекоммуникационных систем / Ю.И. Стародубцев, Е.В. Сухорукова, Д.Ю. Яблоков // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2015. – № 1 (9). – С. 95–100.
7. Закалкин, П.В. Анализ сертифицированных программных антивирусных средств / А.В. Кирьянов, П.В. Закалкин, Е.В. Сухорукова // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2013. – № 3. – С. 92–95.
8. Закалкин, П.В. Способ обнаружения электронных устройств несанкционированно установленных в контролируемой зоне / И.С. Беликова, П.В. Закалкин, Ю.И. Стародубцев, Е.В. Сухорукова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – № 5 (319). – С. 150–156.

9. Пат. 2558333 Российская Федерация, МПК G01S 3/02. Способ определения местоположения несанкционированно установленных на объекте электронных устройств. /Закалкин П.В., Савченко Ю.Е., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Панкова Н.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт–Петербургский государственный торгово–экономический университет». – 2014112381/07; заявл. 31.03.2014; опубл. 27.07.2015. – 21 с.

10. Пат. 2621455 Российская Федерация, МПК G01R 29/08. Способ обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи. / Закалкин П.В., Куприянов Н.А., Стародубцев П.Ю., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.; заявитель и патентообладатель Стародубцев Пётр Юрьевич. – 2016119180; заявл. 17.05.2016; опубл. 06.06.2017. – 13 с.

Вершенник Елена Валерьевна

Военная академия связи, г. Санкт–Петербург
кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8(911)916–31–05
E-mail: sukhorukova_lena@mail.ru

Закалкин Павел Владимирович

кандидат технических наук.
E-mail: ansmed82@mail.ru

Куприянов Никита Алексеевич

Военная академия связи, г. Санкт–Петербург
сотрудник
Тел.: 8(911)916–31–05
E-mail: ansmed82@mail.ru

Стародубцев Пётр Юрьевич

E-mail: ansmed82@mail.ru

E.V. VERSHENNIK, P.V. ZAKALKIN, N.A. KUPRIANOV, P.Yu. STARODUBTSEV

**WAY OF DETECTION THE ESTABLISHED RADIO–ELECTRONIC
MEANS ON SUBSCRIBER LINES OF COMMUNICATION
ARE NOT AUTHORISED**

Abstract. *In article, the way of detection of illegally established radio–electronic means on subscriber lines of communication used for identification of the technical channels of leakage of confidential information formed by means of the radio–electronic means, which are illegally established on subscriber lines, is considered.*

Keywords: *technical channel of leak, an electronic device, radio–electronic means.*

BIBLIOGRAPHY

1. Lobashev, A.K. Zashhita informacii ot utechek po tehnikeskim kanalām. [Elektronnyj resurs]: – URL: <http://mascom-uc.ru/library/354/>. Data obrashhenija 29.06.2017 g.
2. Starodubcev, Ju.I. Upravlenie kachestvom informacionnyh uslug / A.N. Begaev, M.A. Davljatova, Ju.I. Starodubcev // – SPb.: Izd-vo Politehn. Un-ta, 2017. – 454 s.
3. Horev, A.A. Tehniceskaja zashhita informacii t.1. / A.A. Horev // – Moskva.: NPC «Analitika», 2008.
4. Zakalkin, P.V. Sposob obnaruzhenija nesankcionirovanno ustanovlennyh na predpriyatii jelektronnyh ustrojstv / P.V. Zakalkin, P.Ju. Starodubcev, E.V. Kruglenko // Problemy jekonomiki i upravlenija v trgovle i promyshlennosti. – 2014. – № 2(6). – S. 99 – 105.
5. Zakalkin, P.V. Sposob zashhity biznes-processov, ispolzujushhih udalennye informacionnye resursy posredstvom odnoshagovoj autentifikacii / A.A. Evgrafov, P.V. Zakalkin, E.V. Suhorukova, D.E. Shugurov // Problemy jekonomiki i upravlenija v trgovle i promyshlennosti. – 2013. – № 3. – S. 60–67.
6. Starodubcev, Ju.I. Sposob povyshenija zashhishhennosti jelementov territorialno raspredelennyh informacionno–telekommunikacionnyh sistem / Ju.I. Starodubcev, E.V. Suhorukova, D.Ju. Jablovikov // Problemy jekonomiki i upravlenija v trgovle i promyshlennosti. – 2015. – № 1 (9). – S. 95–100.
7. Zakalkin, P.V. Analiz sertifikirovannyh programnyh antivirusnyh sredstv / A.V. Kirjanov, P.V. Zakalkin, E.V. Suhorukova // Problemy jekonomiki i upravlenija v trgovle i promyshlennosti. – 2013. – № 3. – S. 92–95.
8. Zakalkin, P.V. Sposob obnaruzhenija jelektronnyh ustrojstv nesankcionirovanno ustanovlennyh v kontroliruemoj zone / I.S. Belikova, P.V. Zakalkin, Ju.I. Starodubcev, E.V. Suhorukova // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii. – 2016. – № 5 (319). – S. 150–156.
9. Pat. 2558333 Rossijskaja Federacija, MPK G01S 3/02. Sposob opredelenija mestopolozhenija nesankcionirovanno ustanovlennyh na ob#ekte jelektronnyh ustrojstv. /Zakalkin P.V., Savchenko Ju.E., Starodubcev Ju.I., Suhorukova E.V., Pankova N.V.; zajavitel i patentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe bjdzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya «Sankt–Peterburgskij gosudarstvennyj torгово–jekonomicheskij universitet». – 2014112381/07; zajavl. 31.03.2014; opubl. 27.07.2015. – 21 s.

10. Pat. 2621455 Rossijskaja Federacija, MPK G01R 29/08. Sposob obnaruzhenija nesankcionirovanno ustanovlennyh radioelektronnyh sredstv na abonentskih linijah svjazi. / Zakalkin P.V., Kuprijanov N.A., Starodubcev P.Ju., Starodubcev Ju.I., Suhorukova E.V.; zajavitel i patentoobladatel Starodubcev Pjotr Jurevich. – 2016119180; zajavl. 17.05.2016; opubl 06.06.2017. – 13 s.

Vershennik Elena Valerevna

Military academy of communication, St.-Petersburg
Candidate of Technical Sciences, employee
194064, St. Petersburg, Tihoreckij prospect, 3
Тел.: 8(981)707-61-17
E-mail: suhorukova_lena@mail.ru

Zakalkin Pavel Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences
E-mail: ansmed82@mail.ru

Kuprijanov Nikita Alekseevich

Military academy of communication, St.-Petersburg
employee
194064, St. Petersburg, Tihoreckij prospect, 3
Тел.: 8(981)707-61-17
E-mail: ansmed82@mail.ru

Starodubtsev Pjotr Jurevich

E-mail: ansmed82@mail.ru

УДК 602; 611.721

А.В. ГРЕЧЕНЕВА, Н.В. ДОРОФЕЕВ, О.Р. КУЗИЧКИН

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ТРЕНИЯ СЕГМЕНТОВ ПОЗВОНОЧНИКА НА БАЗЕ СОВМЕСТНЫХ ГОНИОМЕТРИЧЕСКИХ И БИОТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация. Статья посвящена разработке метода оценки степени трения сегментов позвоночника для выявления начальной стадии патологии и повышения уровня детализации результатов обследования. Предлагается в совокупности с определением активного и пассивного объема движений сегментов позвоночника (гониометрии) регистрировать уровень шума, сопровождающего двигательные действия пациента (биотрибология). Обосновано применение метода вейвлет-анализа для решения задач локализации особенностей акустического сигнала является, дающего возможность одновременного анализа частотно-временных характеристик компонент сигнала. Применение описанной в данной статье методики позволит провести количественную оценку интенсивности звуков, а синхронизация параметров гониометрического и биотрибологического исследований позволят выявить корреляционные зависимости для наиболее точной локализации проблемной области и обнаружения функциональных патологий на сегментарном уровне.

Ключевые слова: диагностика, позвоночник, гониометрия, биотрибология, акустический контроль, пьезодатчик, вейвлет-преобразование.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-08-00992 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов, А.В. Имитационное биомеханическое моделирование как метод изучения двигательных действий человека / А.В. Воронов // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 2.
2. Рамих, Э.А. Краткий очерк анатомо-функциональных особенностей позвоночника / Э.А. Рамих // Хирургия позвоночника. – 2007. – №2.
3. Булатов, А.В. Эффективность применения минимально-инвазивных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств в хирургическом лечении рецидивов болевого синдрома после операций на поясничном отделе позвоночника / А.В. Булатов, Д.М. Козлов, А.В. Крутько, Ш.А. Ахметьянов // Хирургия позвоночника. – 2014. – № 2.
4. Статистические материалы, Министерство здравоохранения Российской Федерации, 30 декабря 2016.
5. Леганова, Н.М. Оценка эффективности внутрисуставного введения ксефокама у больных гонартрозом, осложненным синовитом, с использованием артросонографии: тез. конгр. ревматологов России / Н.М. Леганова, О.А. Денисова // науч.-практ. ревматология. – 2003. – № 2.
6. Чанцев, А.В. Опыт применения артрофонографии в диагностике и контролируемой терапии гемофилических артропатий / А.В., Чанцев, З.С. Баркаган, Е.И. Бувич // Гематология и трансфузиология. – 1996. – № 5. – С. 26.

7. Врачебные методы диагностики: учеб. пособие. – Кулес В.Г., Маринин В. Ф., Реуцкий И. А., Сивков С. И., 2006. – 720 с.
8. Лучихина, Л.В. Артроз: ранняя диагностика и патогенетическая терапия / Л.В. Лучихина. – М.:Мед. энцикл. РАМН, 2001. – 167 с.
9. Изменения, развивающиеся после повреждения менисков коленного сустава в симметричном суставе / А. В. Чанцев [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. н. н. Приорова. – 2000. – № 1. – С. 70–71.
10. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. И доп. / Д.Н. Гаркунов – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с.
11. Минасов, Б.Ш. Трибологические характеристики различных пар трения при артропластике крупных суставов / Б.Ш. Минасов, Л.Ш. Шустер, Р.Р. Якупов и др. // Медицинский вестник Башкортостана. – 2013. – № 6.
12. Grecheneva, A. The structure of the information system to support the goniometric accelerometer control of human biomechanics / A. Grecheneva, I. Konstantinov, O. Kuzichkin // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-68-1 / ISSN 1314-2704, June 28 – July 6. – 2016. – Book 6. – Vol. 1. – pp. 829–836.
13. Decision support system for real-Time diagnosis of musculoskeletal system Grecheneva, A., Konstantinov, I., Kuzichkin, O., Dorofeev, N. CEUR Workshop Proceedings Volume 1839, 2017, Pages 84–97, MIT 2016; Vrnjacka Banja; Serbia; 28.08.2016 – 05.09. 2016; ISSN: 16130073.
14. Improving the efficiency of the human spine diagnostics systems Dorofeev, N., Podmasteriev, K., Kuzichkin, O., Grecheneva, A. CEUR Workshop Proceedings Volume 1839, 2017, Pages 41–51, MIT 2016; Vrnjacka Banja; Serbia; 28.08.2016 – 05.09. 2016 ISSN: 16130073.
15. Dorofeev, N.V. The Technique of the Automatic Positional of the Accelerometric Goniometric System / N.V. Dorofeev, A.V. Grecheneva, O.R. Kuzichkin, V.I. Rakov // IDAACS2017 September 21–23. Bucharest, Romania. – 2017. – Vol 2. – pp. 222–227.
16. Рахмилевич, А.Б. Диагностическая ценность трибологического исследования коленного сустава / А.Б. Рахмилевич, А.В. Чанцев, Е.А. Распопова, А.А. Коломиец // Гений ортопедии. – 2012. – № 2.
17. Рахмилевич, А.Б. Роль артрофонографии в оценке эффективности лечения повреждений и заболеваний коленных суставов / А.Б. Рахмилевич, А.В. Чанцев, Е.А. Распопова // Сиб. мед. журн. (Иркутск). – 2011. – № 1.
18. Червяков, Н.И. Развитие методов быстрого вейвлет-преобразования с помощью фильтров Добеши / Н.И. Червяков, Ю.В. Кондрашов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2009. – №15 (70).

Греченева Анастасия Владимировна
Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет (НИУ «БелГУ»), г.
Белгород
Аспирант
E-mail: nastena07_93@mail.ru

Дорофеев Николай Викторович
Владимирский государственный
университет имени Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича Столетовых, г.
Муром
Кандидат технических наук,
доцент, зав. кафедрой «Управление
и контроль в технических
системах»
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Кузичкин Олег Рудольфович
Владимирский государственный
университет имени Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича Столетовых, г.
Муром
Доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Управление и контроль в
технических системах»
E-mail: electron@mivlgu.ru

A.V. GRECHENEVA, N.V. DOROFEEV, O.R. KUZICHKIN

METHOD OF EVALUATING THE FRICTION OF THE SPIN SEGMENTS ON THE BASIS OF JOINT GONOMETRIC AND BIOTRIBOLOGICAL RESEARCH

Abstract. *The article is devoted to the development of a method for estimating the degree of friction of the segments of the spine for revealing the initial stage of pathology and increasing the level of detail of the survey results. It is proposed to record the level of noise accompanying the patients motor actions (biotribology), in conjunction with measuring the active and passive volume of movements of the spine segments (goniometry). The application of the wavelet analysis method to solve problems of localization of acoustic signal features is substantiated, which allows simultaneous analysis of frequency-time characteristics of signal components. The application of the technique described in this article will allow to quantify the intensity of sounds, and synchronization of the parameters of goniometric and biotribological studies will allow to identify correlation dependencies for the most accurate localization of the problem area and the detection of functional pathologies on the segmental level.*

Keywords: *diagnostics, spine, goniometry, biotribology, acoustic control, piezo-sensor, wavelet transformation.*

BIBLIOGRAPHY

1. Voronov, A.V. Imitatsionnoye biomekhanicheskoye modelirovaniye kak metod izucheniya dvigatelnykh deystviy cheloveka / A.V. Voronov // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. – 2004. – № 2.
2. Ramikh, E.A. Kratkiy ocherk anatomo–funktsionalnykh osobennostey pozvonochnika / E.A. Ramikh // *Khirurgiya pozvonochnika*. – 2007. – №2.
3. Bulatov, A.V. Effektivnost primeneniya minimalno–invazivnykh dekompressivno–stabiliziruyushchikh vmeshatelstv v khirurgicheskom lechenii retsidivov bolevoogo sindroma posle operatsiy na poyasnichnom otdel pozvonochnika / A.V. Bulatov, D.M. Kozlov, A.V. Krutko, S.H.A. Akhmetyanov // *Khirurgiya pozvonochnika*. – 2014. – № 2.
4. Statisticheskiye materialy, Ministerstvo zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii, 30 dekabrya 2016.
5. Leganova, N.M. Otsenka effektivnosti vnutrisustavnogo vvedeniya ksefokama u bolnykh gonartrozom, oslozhnennym sinovitom, s ispolzovaniyem artrosonografii: tez. kongr. revmatologov Rossii / N.M. Leganova, O.A. Denisova // *nauch.–prakt. revmatologiya*. – 2003. – № 2.
6. Chantsev, A.V. Opyt primeneniya artrofonografii v diagnostike i kontroliruyemoy terapii gemofilicheskikh artropatiy / A.V. Chantsev, Z.S. Barkagan, Ye.I. Buyevich // *Gematologiya i transfuziologiya*. – 1996. – № 5. – S. 26.
7. Vrachebnyye metody diagnostiki: ucheb. posobiye. – Kukes V.G., Marinin V. F., Reutskiy I. A., Sivkov S. I., 2006. – 720 s.
8. Luchikhina, L.V. Artroz: rannaya diagnostika i patogeneticheskaya terapiya / L.V. Luchikhina. – M.: Med. entsikl. RAMn, 2001. – 167 s.
9. Izmeneniya, razvivayushchiyesya posle povrezhdeniya meniskov kolennogo sustava v simmetrichnom sustave / A. V. Chantsev [i dr.] // *Vestn. travmatologii i ortopedii im. n. n. Priorova*. – 2000. – № 1. – S. 70–71.
10. Garkunov D.N. Tribotekhnika (iznos i bezyznosnost): Uchebnik. – 4–ye izd., pererab. I dop. / D.N. Garkunov – M.: «Izdatelstvo MSKHA», 2001. – 616 s.
11. Minasov, B.SH. Tribologicheskiye kharakteristiki razlichnykh par treniya pri artroplastike krupnykh sustavov / B.SH. Minasov, L.SH. Shuster, R.R. Yakupov i dr. // *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*. – 2013. – № 6.
12. Grecheneva, A. The structure of the information system to support the goniometric accelerometer control of human biomechanics / A. Grecheneva, I. Konstantinov, O. Kuzichkin // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978–619–7105–68–1 / ISSN 1314–2704, June 28 – July 6. – 2016. – Book 6. – Vol. 1. – pp. 829–836.
13. Decision support system for real–Time diagnosis of musculoskeletal system Grecheneva, A., Konstantinov, I., Kuzichkin, O., Dorofeev, N. CEUR Workshop Proceedings Volume 1839, 2017, Pages 84–97, MIT 2016; Vrnjacka Banja; Serbia; 28.08.2016 – 05.09. 2016; ISSN: 16130073.
14. Improving the efficiency of the human spine diagnostics systems Dorofeev, N., Podmasteriev, K., Kuzichkin, O., Grecheneva, A. CEUR Workshop Proceedings Volume 1839, 2017, Pages 41–51, MIT 2016; Vrnjacka Banja; Serbia; 28.08.2016 – 05.09. 2016 ISSN: 16130073.
15. Dorofeev, N.V. The Technique of the Automatic Positional of the Accelerometric Goniometric System / N.V. Dorofeev, A.V. Grecheneva, O.R. Kuzichkin, V.I. Rakov // IDAACS2017 September 21–23. Bucharest, Romania. – 2017. – Vol 2. – pp. 222–227.
16. Rakhmilevich, A.B. Diagnosticheskaya tsennost tribologicheskogo issledovaniya kolennogo sustava / A.B. Rakhmilevich, A.V. Chantsev, Ye.A. Raspopova, A.A. Kolomiyets // *Geniy ortopedii*. – 2012. – № 2.
17. Rakhmilevich, A.B. Rol artrofonografii v otsenke effektivnosti lecheniya povrezhdeniy i zabolevaniy kolennykh sustavov / A.B. Rakhmilevich, A.V. Chantsev, Ye.A. Raspopova // *Sib. med. zhurn. (Irkutsk)*. – 2011. – № 1.
18. Chervyakov, N.I. Razvitiye metodov bystrogo veyvlet–preobrazovaniya s pomoshchyu filtrov Dobeshi / N.I. Chervyakov, YU.V. Kondrashov // *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika*. – 2009. – №15 (70).

Grecheneva Anastasia Vladimirovna
Belgorod State National Research
University (Belgorod State
University), Belgorod
Graduate student
E–mail: nastena07_93@mail.ru

Dorofeev Nikolay Viktorovich
Vladimir State University named
after Alexander Grigorievich and
Nikolai Grigorievich Stoletov,
Murom
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Head.
Department of «Management and
control in technical systems»
E–mail: itpu@mivlgu.ru

Kuzichkin Oleg Rudolfovich
Vladimir State University named after
Alexander Grigorievich and Nikolai
Grigorievich Stoletov, Murom
Doctor of Technical Sciences,
Professor, Professor of the
Department «Management and
Control in Technical Systems»
E–mail: electron@mivlgu.ru

УДК: 697.7

А.В. ДОЛОГЛОНЯН, А.К. СУХОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СЕЗОННОГО

АККУМУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДА ПРИ РАБОТЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

Аннотация. Дана оценка потенциала сезонного аккумулирования холода при работе солнечных коллекторов в «ночном режиме» в южных регионах РФ.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, «ночной режим», аккумулирование холода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зейгарник, Ю.А. Система сезонного аккумулирования природного холода для круглогодичного холодоснабжения зданий и сельскохозяйственных объектов / Ю.А. Зейгарник, О.С. Попель, В.Л. Низовский, Л.В. Низовский // Известия академии наук. Энергетика. – 2012. – № 5. – С. 90–97.
2. Дологлонян, А.В. Работа солнечного коллектора в «ночном режиме» / А.В. Дологлонян, А.К. Сухов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – № 3 (317) 2016 – № 4 (318) 2016. – С. 95–102.
3. Дологлонян, А.В. Работа каскадной солнечной водонагревательной установки в «ночном режиме» / А.В. Дологлонян, А.К. Сухов // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ИПТС, 2016. Вып. 5 (25). – С. 119–125.
4. Погода по месяцам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.url:https:pogoda.turtella.ru/Crimea/Sevastopol/monthly/. – 18.04.17.

Дологлонян Андрей Вартазарович
ФГБНУ Институт природно–технических систем
Российской Федерации, г. Севастополь
Кандидат технических наук, старший научный
сотрудник
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Сухов Андрей Константинович
ФГБНУ Институт природно–технических систем
Российской Федерации, г. Севастополь
Доктор технических наук, главный научный
сотрудник
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

A.V. DOLOGLONYAN, A.K. SUHOV

RESEARCH OF SEASONAL ACCUMULATION POTENTIAL OF COLD DURING THE WORK OF SOLAR COLLECTORS AT NIGHT

Abstract. An assessment of seasonal accumulation potential of cold is given during the work of solar collectors in "the night mode" in the southern regions of the Russian Federation.

Keywords: solar collectors, the night mode, cold accumulation.

BIBLIOGRAPHY

1. Zejgarnik, YU.A. Sistema sezonnogo akkumulirovaniya prirodnogo holoda dlya kruglogodichnogo holodosnabzheniya zdaniy i selskohozyajstvennyh obektov / YU.A. Zejgarnik, O.S. Popel, V.L. Nizovskij, L.V. Nizovskij // Izvestiya akademii nauk. EHnergetika. – 2012. – № 5. – S. 90–97.
2. Dologlonyan, A.V. Rabota solnechnogo kollektora v «nochnom rezhime» / A.V. Dologlonyan, A.K. Suhov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2016. – № 3 (317) 2016 – № 4 (318) 2016. – S. 95–102.
3. Dologlonyan, A.V. Rabota kaskadnoj solnechnoj vodonagrevatelnoj ustanovki v «nochnom rezhime» / A.V. Dologlonyan, A.K. Suhov // Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy. – Sevastopol: IPTS, 2016. Vyp. 5 (25). – S. 119–125.
4. Pogoda po mesyacam [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: www.url:https://pogoda.turtella.ru/Crimea/Sevastopol/monthly/. – 18.04.17.

Dologlonyan Andrey Vartazarovich
FSBSI Institute of nature–technical systems of Russian
Federation, Sevastopol
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Suhov Andrey Konstantinovich
FSBSI Institute of nature–technical systems of Russian
Federation, Sevastopol
Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 62–83::621.313.3

Д.А. БОНДАРЕНКО, В.В. КОБИЩАНОВ

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ЛОКОМОТИВА

Аннотация. Представлены результаты исследований автоматической системы управления температурой тягового асинхронного двигателя локомотива, которая учитывает нелинейность изменения коэффициента усиления двигателя как объекта управления температурой в зависимости от подачи охлаждающего воздуха. Определено, что критерии качества процесса управления разработанной системы соответствуют настройке на технический оптимум. Установлено, что предложенный регулятор позволит улучшить технико-экономические характеристики системы охлаждения электродвигателя локомотива по сравнению с релейными системами.

Ключевые слова: автоматическая система управления температурой, регулятор температуры, технический оптимум, критерия качества управления, ПИ-регулятор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев, В.И. Энергетические показатели качества электропривода вспомогательных систем тягового подвижного состава / В.И. Воробьев, А.С. Космодамианский, Г.С. Михальченко, А.А. Пугачев, А.В. Самотканов // Мир транспорта и технологических машин, 2015. – №1. – С. 58 – 66.
2. Космодамианский, А.С. Измерение и регулирование температуры обмоток тяговых электрических машин локомотивов: монография / А.С. Космодамианский. – М.: РГОТУПС, 2009. – 285 с.
3. Бондаренко, Д.А. Синтез автоматической системы регулирования температуры тягового асинхронного двигателя / А.С. Космодамианский, А.А. Пугачев, Д.А. Бондаренко // Локомотивы. XXI век: материалы III Международной научно-технической конференции, посвящённой 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора В.В. Стрекопытова, Санкт-Петербург, 17–19 ноября 2015 г. – СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – 281 с. – С. 81 – 86.
4. Савоськин, А.Н. Автоматизированные системы управления электроподвижным составом: учебник: в 3 ч. Ч. 1: Теория автоматического управления / под ред. Л.А. Баранова, А.Н. Савоськина – изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2014. – 400 с.
5. Пугачев, А.А. Анализ и систематизация методов и результатов определения температуры теплонагруженных узлов асинхронного тягового двигателя железнодорожного транспорта / А.А. Пугачев // Мир транспорта и технологических машин, № 3. – 2012. – С. 39 – 49.
6. Пугачев, А.А. Определение тепловых сопротивлений обмотки статора асинхронного двигателя / А.А. Пугачев // Мир транспорта и технологических машин, 2016. – №2. – С. 62 – 67.
7. Бондаренко, Д.А. Результаты экспериментальных исследований тепловых процессов в асинхронном двигателе / А.А. Пугачев, Д.А. Бондаренко // Вестник Брянского государственного технического университета, 2015. – №3. – С. 17 – 23.
8. Kylander, G. Thermal modeling of small cage induction motors / G. Kylander // Technical report № 265, submitted to the School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Goteborg, 1995. – P. 113.
9. Бондаренко, Д.А. Аппроксимация тепловых переходных процессов тягового асинхронного двигателя локомотива как объекта управления температурой динамическим звеном первого порядка / Д.А. Бондаренко, А.А. Пугачев // Современные инновации в науке и технике: Сборник научных трудов 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (13–14 апреля 2017 года) / редкол.: Горохов А.А. (отв. Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. – 194 с. – С. 44–47.
10. Маковский, В.А. О корректности аппроксимации динамических свойств объектов регулирования передаточной функцией инерционного звена первого порядка с запаздыванием / В.А. Маковский, А.И. Лаврентик // Известия вузов. Энергетика. – 1973. – №10. – С. 87 – 92.
11. Бондаренко, Д.А. Математическая модель установившихся тепловых процессов в асинхронном двигателе / В.И. Воробьев, А.А. Пугачев, Д.А. Бондаренко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2015. – №5–2. – С. 221 – 226.
12. Mahdavi, S. Thermal Modeling as a Tool to Determine the Overload Capability of Electrical Machines / S. Mahdavi / International Conference on Electrical Machines and Systems. – Oct. 26–29. – 2013. – Busan. – Korea. – pp. 454–458.
13. Башарин, А.В. Управление электроприводами / А.В. Башарин, А.В. Новиков, Г.Г. Соколовский – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
14. Ключев, В.И. Теория электропривода: учебник для вузов / В.И. Ключев – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

15. Пугачев, А.А. Регулируемый электропривод вспомогательных агрегатов подвижного состава с асинхронным двигателем, имеющим поворотный статор / А.А. Пугачев // дисс... канд. техн. наук. – Москва. 2009. – 153 с.

Кобищанов Владимир Владимирович
Брянский государственный технический университет (БГТУ), г. Брянск
доктор технических наук, профессор кафедры «Подвижной состав железных дорог» БГТУ
241035, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
E-mail: wagon@tu-bryansk.ru

Бондаренко Денис Андреевич
Брянский государственный технический университет (БГТУ), г. Брянск
Ассистент кафедры «Подвижной состав железных дорог» БГТУ
241035, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
E-mail: dilekter@gmail.com

D.A. BONDARENKO, V.V. KOBISCHANOV

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE TEMPERATURE OF THE TREATY ASYNCHRONOUS LOCOMOTIVE ENGINE

Abstract. Presented are the results of studies of an automatic temperature control system for a traction asynchronous locomotive engine that takes into account the nonlinearity of the change in the motor gain as a temperature control object, depending on the supply of cooling air. It is determined that the quality criteria of the control process of the developed system correspond to the setting for the technical optimum. It is established that the proposed regulator will improve the technical and economic characteristics of the cooling system of the locomotive electric motor in comparison with relay systems.

Keywords: automatic temperature control system, temperature controller, technical optimum, control quality criterion, PI controller.

BIBLIOGRAPHY

1. Vorobyev, V.I. Energeticheskiye pokazateli kachestva elektroprivoda vspomogatelnykh sistem tyagovogo podvizhnogo sostava / V.I. Vorobyev, A.S. Kosmodamianskiy, G.S. Mikhachenko, A.A. Pugachev, A.V. Samotkanov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin, 2015. – №1. – S. 58 – 66.
2. Kosmodamianskiy, A.S. Izmereniye i regulirovaniye temperatury obmotok tyagovykh elektricheskikh mashin lokomotivov: monografiya / A.S. Kosmodamianskiy. – M.: RGOTUPS, 2009. – 285 s.
3. Bondarenko, D.A. Sintez avtomaticheskoy sistemy regulirovaniya temperatury tyagovogo asinkhronnogo dvigatelya / A.S. Kosmodamianskiy, A.A. Pugachev, D.A. Bondarenko // Lokomotivy. XXI vek: materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu so dnya rozhdeniya doktora tekhnicheskikh nauk, professora V.V. Strekopytova, Sankt-Peterburg, 17–19 noyabrya 2015 g. – SPb.: FGBOU VPO PGUPS, 2015. – 281 s. – S. 81 – 86.
4. Savoskin, A.N. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya elektropodvizhnym sostavom: uchebnik: v 3 ch. CH. 1: Teoriya avtomaticheskogo upravleniya / pod red. L.A. Baranova, A.N. Savoskina – izd-vo UMTS ZHDT (Marshrut), 2014. – 400 s.
5. Pugachev, A.A. Analiz i sistematizatsiya metodov i rezultatov opredeleniya temperatury teplonagruzhennykh uzlov asinkhronnogo tyagovogo dvigatelya zheleznodorozhnogo transporta / A.A. Pugachev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin, № 3. – 2012. – S. 39 – 49.
6. Pugachev, A.A. Opredeleniye teplovykh soprotivleniy obmotki statora asinkhronnogo dvigatelya / A.A. Pugachev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin, 2016. – №2. – S. 62 – 67.
7. Bondarenko, D.A. Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy teplovykh protsessov v asinkhronnom dvigatele / A.A. Pugachev, D.A. Bondarenko // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2015. – №3. – S. 17 – 23.
8. Kylander, G. Thermal modeling of small cage induction motors / G. Kylander // Technical report № 265, submitted to the School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Goteborg, 1995. – P. 113.
9. Bondarenko, D.A. Approksimatsiya teplovykh perekhodnykh protsessov tyagovogo asinkhronnogo dvigatelya lokomotiva kak ob"ekta upravleniya temperatury dinamicheskimi zvenom pervogo poriyadka / D.A. Bondarenko, A.A. Pugachev // Sovremennyye innovatsii v nauke i tekhnike: Sbornik nauchnykh trudov 7-v Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem (13–14 aprelya 2017 goda) / redkol.: Gorokhov A.A. (otv. Red.); Yugo-Zap. gos. un-t. Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2017. – 194 s. – S. 44–47.
10. Makovskiy, V.A. O korrektnosti approksimatsii dinamicheskikh svoystv ob"ektov regulirovaniya peredatochnoy funktsiyei inertsionnogo zvena pervogo poriyadka s zapazdyvaniyem / V.A. Makovskiy, A.I. Lavrentik // Izvestiya vuzov. Energetika. – 1973. – №10. – S. 87 – 92.
11. Bondarenko, D.A. Matematicheskaya model ustanovivshikhsya teplovykh protsessov v asinkhronnom dvigatele / V.I. Vorobyev, A.A. Pugachev, D.A. Bondarenko // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii, 2015. – №5–2. – S. 221 – 226.
12. Mahdavi, S. Thermal Modeling as a Tool to Determine the Overload Capability of Electrical Machines / S. Mahdavi / International Conference on Electrical Machines and Systems. – Oct. 26–29. – 2013. – Busan. – Korea. – pp. 454–458.
13. Basharin, A.V. Upravleniye elektroprivodami / A.V. Basharin, A.V. Novikov, G.G. Sokolovskiy – L.:

Energoizdat, 1982. – 392 s.

14. Klyuchev, V.I. Teoriya elektroprivoda: uchebnik dlya vuzov / V.I. Klyuchev – M.: Energoatomizdat, 2001. – 704 s.

15. Pugachev, A.A. Reguliruyemyy elektroprivod vspomogatelnykh agregatov podvizhnogo sostava s asinkhronnym dvigatelem, imeyushchim povorotnyy stator / A.A. Pugachev // diss... kand. tekhn. nauk. – Moskva. 2009. – 153 s.

Kobishchanov Vladimir Vladimirovich

Bryansk State Technical University (BSTU), Bryansk
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department "Rolling Stock of Railways" BSTU
241035, Bryansk, the boulevard of the 50th anniversary of
October, 7
E-mail: wagon@tu-bryansk.ru

Bondarenko Denis Andreevich

Bryansk State Technical University (BSTU), Bryansk
Assistant of the department "Rolling stock of railways"
BSTU
241035, Bryansk, the boulevard of the 50th anniversary of
October, 7
E-mail: dilekter@gmail.com

УДК 681.58:620.92

С.П. ПЕТРОВ, К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ, А.В. ПИЛИПЕНКО, К.Д. ШОРИН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ЗДАНИЯ

Аннотация. Рассматриваются вопросы определения с использованием вычислительной системы «MathCAD» граничных условий при выполнении параметрического синтеза системы управления температурным режимом здания.

Ключевые слова: control system, parametric synthesis, modeling, temperature conditions of the building.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Петров, С.П. Анализ и синтез системы управления процессом передачи тепловой энергии в когенерационной системе централизованного теплоснабжения монография / С.П. Петров, М.Н. Маяков; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева – Орел: Издательский дом «Орлик и К», 2009. – 314 с.

2. Подмастерьев, К.В. Устройство регулирования температуры воздуха в помещениях / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Датчики и системы. – 2008. – № 6. – С. 14–18.

3 Петров, С.П. Автоматизация когенерационных систем теплоснабжения с распределенными пиковыми нагрузками монография / С.П. Петров; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева – М.: Машиностроение-1, 2007. – 304 с.

4. Подмастерьев, К.В. Экспериментальные исследования статической характеристики датчика температуры устройства контроля и регулирования температуры воздуха в помещении лечебно-профилактического учреждения / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2008. – № 2. – С. 71–75.

5. Пилипенко, А.В. Система управления нестационарным технологическим процессом формоизменения. /А.В. Пилипенко // Информационные системы и технологии. – 2011. – № 4/ 66. – С. 115–119.

6. Подмастерьев, К.В. Устройство контроля и регулирования температуры воздуха для помещений, оборудованных однотрубной системой отопления / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Контроль. Диагностика. – 2010. – № 5. – С. 45–57.

7. Пилипенко, А.В. Система управления на основе адаптивных алгоритмов / А.В. Пилипенко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – № 6–2(296). – С. 58–64.

8. Подмастерьев, К.В. Датчик температуры воздуха в однотрубных системах отопления / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Мир Измерений. – 2010. – № 1. – С. 36–41.

9. Петров, С.П. Метод качественно-количественного импульсно-шагового управления в когенерационных системах теплоснабжения / С.П. Петров // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2006. – № 5. – С. 46–53.

Петров Сергей Петрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор кафедры
«Технологических процессов, машин и
оборудования»,
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. +7-953-615-59-31,
E-mail: nayka55@mail.ru

Подмастерьев Константин Валентинович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
«Приборостроение, метрология и сертификация»,
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. +7-953-615-59-31,
E-mail: asms-orel@mail.ru

Пилипенко Александр Витальевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет им. И.С. Тургенева»,
кандидат технических наук,
зав. кафедрой «Автоматизированных систем
управления и кибернетики»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. 89058566699,
E-mail: a@pilipenko.info

Шорин Кирилл Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет им. И.С. Тургенева»,
аспирант,
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел.+7-915-508-39-32,
E-mail: kirill-shorin@mail.ru

S.P. PETROV, K.V. PODMASTERIEV, A.V. PILIPENKO, K.D. SHORIN

DEFINITION OF BORDER CONDITIONS WITH PARAMETRIC SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEM TEMPERATURE MODE OF THE BUILDING

Abstract. *The questions of definition using the «MathCAD» computer system, boundary conditions when performing the parametric synthesis of the building temperature control system.*

Keywords: *control system, parametric synthesis, modeling, temperature conditions of the building.*

BIBLIOGRAPHY

- 1 Petrov, S.P. Analiz i sintez sistemy upravleniya protsessom peredachi teplovoy energii v kogeneratsionnoy sisteme tsentralizovannogo teplosnabzheniya monografiya / S.P. Petrov, M.N. Mayakov; pod obshchey redaktsiyey d-ra tekhn. nauk, prof. A.I. Suzdaltseva – Orel: Izdatelskiy dom «Orlik i K», 2009. – 314 s.
2. Podmasteryev, K.V. Ustroystvo regulirovaniya temperatury vozdukha v pomeshcheniyakh / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Datchiki i sistemy. – 2008. – № 6. – S. 14–18.
- 3 Petrov, S.P. Avtomatizatsiya kogeneratsionnykh sistem teplosnabzheniya s raspredelennymi pikovymi nagruzkami monografiya / S.P. Petrov; pod obshchey redaktsiyey d-ra tekhn. nauk, prof. A.I. Suzdaltseva – M.: Mashinostroyeniye–1, 2007. – 304 s.
4. Podmasteryev, K.V. Eksperimentalnyye issledovaniya staticheskoy kharakteristiki datchika temperatury ustroystva kontrolya i regulirovaniya temperatury vozdukha v pomeshchenii lechebno–profilakticheskogo uchrezhdeniya / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2008. – № 2. – S. 71–75.
5. Pilipenko, A.V. Sistema upravleniya nestatsionarnym tekhnologicheskim protsessom formoizmeneniya. /A.V. Pilipenko // Informatsionnyye sistemy i tekhnologii. – 2011. – № 4/ 66. – S. 115–119.
6. Podmasteryev, K.V. Ustroystvo kontrolya i regulirovaniya temperatury vozdukha dlya pomeshcheniy, oborudovannykh odnotrubnoy sistemoy otopleniya / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Kontrol. Diagnostika. – 2010. – № 5. – S. 45–57.
7. Pilipenko, A.V. Sistema upravleniya na osnove adaptivnykh algoritmov / A.V. Pilipenko // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2012. – № 6–2(296). – S. 58–64.
8. Podmasteryev, K.V. Datchik temperatury vozdukha v odnotrubnykh sistemakh otopleniya / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Mir Izmereniy. – 2010. – № 1. – S. 36–41.
9. Petrov, S.P. Metod kachestvenno–kolichestvennogo impulsno–shagovogo upravleniya v kogeneratsionnykh sistemakh teplosnabzheniya / S.P. Petrov // Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye. – 2006. – № 5. – S. 46–53.

Petrov Sergey Petrovich
FGBOU VO «Oryol State University I.S. Turgenev»,
doctor technical sciences, Professor of « technological
processes, machines and equipment»,
+7-953-615-59-31,
E-mail: nayka55@mail.ru

Podmasteryev Konstantin Valentinovich
FGBOU VO «Oryol State University I.S. Turgenev»,
doctor of Technical Sciences, Professor, Head. the
department « Testing, Metrology and Certification»,
+7-953-615-59-31,
E-mail: asms-orel@mail.ru

Pilipenko Alexander Vitalievich.
FGBOU VO «Oryol State University I.S. Turgenev»,
the candidate of technical. sciences,
head. Department of «Automated Control Systems and
Cybernetics»
302026, Orel, ul. Komsomolskaya, 95,
tel. 89058566699,
E-mail: a@pilipenko.info

Shorin Kirill Dmitrevich
FGBOU VO «Oryol State University I.S. Turgenev»,
graduate student,
+7-915-508-39-32,
E-mail: kirill-shorin@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями
к оформлению научных статей

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 10 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).

- Водном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.

- Параметры набора. Поля: зеркальные, верхнее, левое, правое – 2 см, нижнее – 1,6 см, переплет – 0. Отступы до колонтитулов: верхнего – 1,25 см, нижнего – 0,85 см. Текст набирается в одну колонку, шрифт – Times New Roman, 12 пт. Отступ первой строки абзаца – 1,25 см. Выравнивание – по ширине. Междустрочный интервал – единичный. Включить автоматический перенос. Все кавычки должны быть угловыми (« »). Все символы «тире» должны быть среднего размера («–», а не «-»). Начертание цифр (арабских, римских) во всех элементах статьи – прямое (не курсив).

- Структура статьи:

УДК;

Список авторов на русском языке – **12 пт, ВСЕ ПРОПИСНЫЕ** в формате И.О. ФАМИЛИЯ **по центру без абзацного отступа**;

Название (не более 15 слов) на русском языке – **14 пт, полужирным, ВСЕ ПРОПИСНЫЕ по центру без абзацного отступа**;

Аннотация (не менее 200–250 слов) на русском языке – **10 пт, курсив**;

Ключевые слова на русском языке (не менее 3 слов или словосочетаний) – **10 пт, курсив**;

Текст статьи;

Список литературы (в порядке цитирования, ГОСТ 7.1–2003) на русском языке, заглавие списка литературы – **12 пт, полужирным, ВСЕ ПРОПИСНЫЕ по центру без абзацного отступа**, литература оформляется **10 пт**.

Сведения об авторах на русском языке – **10 пт**. Приводятся в такой последовательности:

Фамилия, имя, отчество;

учреждение или организация;

ученая степень, ученое звание, должность;

адрес;

телефон;

электронная почта.

- Название статьи, фамилии и инициалы авторов, аннотация, ключевые слова, список литературы (транслитерация) и сведения об авторах **обязательно дублируются на английском языке ЗА СТАТЬЕЙ**.

- Формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation. Размер символов: обычные – **12 пт**, крупный индекс – **9 пт**, мелкий индекс – **7 пт**. Нумерация формул – по правому краю в круглых скобках «()». Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается **с новой строки** в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

- Рисунки – черно-белые. Если рисунок создан средствами MS Office, необходимо преобразовать его в картинку. Для растровых рисунков разрешение не менее 300 dpi. Подрисуточные надписи выполнять шрифтом **Times New Roman, 10 пт, полужирным, курсивным**, в конце точка не ставится.

- Рисунки с подрисуточной подписью, формулы, выравниваются **по центру без абзацного отступа**.

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте <http://oreluniver.ru/public/file/science/journal/fipptt/>

Плата за опубликование статей не взимается.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

Адрес издателя:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75–13–18
<http://oreluniver.ru>
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, г. Орел, ул. Московская, 34
+7(920)2806645, +7(906)6639898

<http://oreluniver.ru>
E-mail: tlostu@mail.ru

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор Тюхта А.В.
Компьютерная верстка Тюхта А.В.

Подписано в печать 26.10.2017 г.
Дата выхода в свет
Формат 60х88 1/8. Усл. печ. л. 11,94.
Цена свободная. Тираж 600 экз.
Заказ _____

Отпечатано с готового оригинал–макета
на полиграфической базе ИП Синяев В.В.
302001, г. Орел, ул. Розы Люксембург, 10а